

Universidade de Lisboa  
Faculdade de Ciências  
Departamento de Estatística e Investigação Operacional



*Desenho de um simulador de capacidade de um  
Call Center*

Sérgio Filipe de Bastos Lima

Relatório de estágio

Mestrado em Gestão de Informação  
(Especialização em Gestão e Análise de Dados)  
2012



Universidade de Lisboa  
Faculdade de Ciências  
Departamento de Estatística e Investigação Operacional



*Desenho de um simulador de capacidade de um  
Call Center*

Sérgio Filipe de Bastos Lima

Relatório de estágio orientado pelo Prof. Dr. João Miguel Paixão Telhada  
e Nuno Miguel Pinheiro Santos

Mestrado em Gestão de Informação

2012



## Resumo

Com o forte crescimento de *Call Centers* tanto em volume como em quantidade, uma gestão precisa e segura destes é essencial. Muitos gestores de *Call Centers* optam como primeira abordagem o modelo *Erlang C*, utilizando depois melhores adaptações do mesmo.

Neste trabalho estudou-se o cálculo de importantes parâmetros dos *Call Centers*, usando a fórmula do *Erlang C*. Após estudos, foi possível concluir que o modelo *Erlang C* é conservador nos resultados e possui limitações que restringem um melhor funcionamento do *Call Center*. Sendo assim, enumerou-se como uma possível alternativa a este modelo, a simulação computacional. Na parte prática do trabalho, foram obtidos resultados que comprovam a versatilidade e robustez que a simulação pode ter, face ao modelo *Erlang* ou a alguma adaptação do mesmo. Numa primeira fase dos testes, analisámos a veracidade dos resultados obtidos na simulação com os resultados gerados pelo *Erlang*, confirmando a sua igualdade. Após este estudo, recorreremos à simulação para a inserção de características que o modelo base do *Erlang* não permite, como por exemplo, prioridades. Nos capítulos 9 e 10, com base na simulação, foi possível verificar parecenças com os dados reais facultados pela empresa. Aproveitou-se este facto, para começar, através da simulação, a gerar chamadas com diferentes prioridades e comparar com o estipulado pela empresa, porque teoricamente, os resultados que a simulação gerar estarão próximos da realidade, podendo então a simulação ser útil nesse aspecto, ajudando a empresa não só na comparação com dados reais, mas também a gerar novos dados próximos do real.

Palavras-chave:

*Call Center*, *Erlang C*, simulação



# Abstract

With the strong growth of Call Centers in both volume and quantity, a precise and secure management of these are essential. Many managers of Call Centers choose as the first approach Erlang C model, using then better adaptations of the same.

In this work we study the calculation of important parameters of Call Centers, using the Erlang C formula. After these studies, it was possible to conclude that the Erlang C model is conservative in the results and have limitations that restrict the better functioning of the Call Center. Therefore, we choose as a possible alternative to this model, the computer simulation. In the practical part of the study, we obtained results that demonstrate the versatility and robustness that simulation can have, compared to the Erlang model or some adaptation of it. In the first phase of tests, we examined the accuracy of the simulation results with the results generated by the Erlang, confirming their equality. After this study, we used the simulation for the insertion of features that the base model of Erlang C does not allow, for example, priorities. In chapters 9 and 10, based in simulation, we found similarities with the real data provided by the company. We took advantage of this fact to begin, through simulation, generating calls with different priorities and compare them with what is stipulated by the company because theoretically the results that the simulation will generate will be close to reality, concluding that the simulation could be useful in this regard, helping the company not only in comparison with real data, but also to generate new output data close to the real.

Key words:

*Call Center, Erlang C, simulation*





## **Agradecimentos**

Este trabalho, como é natural, exigiu tempo e dedicação, sendo que aproveito este espaço para agradecer a paciência dos meus familiares e amigos por ter tido momentos em que me afastei, dedicando o meu tempo e atenção a este trabalho.

Aproveito também para agradecer ao Prof. Dr. João Miguel PaixãoTelhada e Nuno Miguel Pinheiro Santos pela orientação e paciência ao longo da resolução deste trabalho.



# Índice

<b>Resumo</b>	i
<b>Abstract</b>	iii
<b>Agradecimentos</b>	v
<b>Índice</b>	vii
<b>Lista de Figuras</b>	ix
<b>Lista de Tabelas</b>	x
<b>1 Introdução</b>	15
1.1 Motivação	15
1.2 Objectivos	15
1.3 Organização do documento	
<b>2 Call Centers</b>	17
2.1 Conceito de <i>Call Center</i>	17
2.2 Porque deverá um gestor de <i>Call Center</i> saber sobre matemática?	18
<b>3 Componentes de um sistema</b>	21
3.1 Distribuições de probabilidade	21
3.2 Modelos da Teoria das filas	23
3.2.1 Modelo M/M/1	23
3.2.2 Modelo M/M/n	23
<b>4 Modelos de Tráfego</b>	25
4.1 Fontes e Servidores	25
4.2 Métricas do <i>Call Center</i>	25
4.3 Carga de chamadas	26
4.4 Planeamento de tráfego em horas de carga máxima	27
4.5 Tempo de resposta médio ( <i>Average Speed of Answer – ASA</i> )	28
4.6 Nível de serviço ( <i>Service Level</i> )	28
4.6.1 Cálculo do Nível de Serviço	28
4.6.2 São importantes as chamadas abandonadas?	31
4.7 Calcular os níveis de recursos	32
4.7.1 Linhas telefónicas	32
4.7.2 Horários dos Agentes	33
4.7.3 <i>Skill</i> dos Agentes	33
<b>5 Modelo Erlang C</b>	35
5.1 Conceitos e fórmulas de Probabilidade	35
5.2 Modelo <i>Erlang C</i>	37
5.3 Propriedades do modelo <i>Erlang C</i>	38
5.4 Equipa/recursos para múltiplas filas	39
5.4.1 Filas disjuntas	39
5.4.2 Filas comuns	40
5.5 Exemplo de <i>Software</i> baseado no modelo <i>Erlang</i>	42
5.6 Não linearidade	44
5.7 Limitações dos modelos <i>Erlang</i>	46
5.7.1 Chamadas abandonadas	46
5.7.2 Sobrecarga da capacidade dos agentes	46
5.7.3 Tamanho de Fila de espera limitado	47
5.7.4 Tempo de espera limitado	47
5.7.5 Erlang assume que a taxa de chegadas de chamadas é constante	47

5.7.6	<i>Over-Staffing</i> (recursos a mais).....	50
5.7.7	Fluxo de chamadas.....	51
5.7.8	Prioridades.....	51
5.7.9	Alternativas.....	51
<b>6</b>	<b>Simulação.....</b>	<b>53</b>
6.1	Porquê simulação neste trabalho?.....	53
6.2	Vantagens e desvantagens da simulação.....	54
<b>7</b>	<b>Linguagem de programação.....</b>	<b>61</b>
7.1	<i>Visual Basic</i> para Aplicações.....	61
<b>8</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>65</b>
8.1	Criação de um primeiro algoritmo.....	65
8.2	Inclusão de novas características no algoritmo.....	74
8.3	Simulação de três filas independentes de chamadas.....	83
<b>9</b>	<b>Resultados – Dados Reais com nível de serviço alto.....</b>	<b>85</b>
9.1	Estudo de dados reais num período de 2 h a 5 serviços.....	85
9.2	Estudo de dados reais num período maior (4h) a 5 serviços.....	93
9.3	Estudo de dados reais no período de 4h com 3 grupos de 30 agentes .....	102
9.3.1	Exemplo com 3 grupos de agentes e uma distribuição de serviços diferente.....	105
9.3.2	Exemplo com cinco grupos de agentes.....	108
<b>10</b>	<b>Resultados – Dados Reais com nível de serviço baixo....</b>	<b>111</b>
10.1	Estudo de dados reais num período de 1h15 a 5 serviços .....	111
10.2	Estudo de dados reais atribuindo diferentes prioridades e comparando com original.....	124
10.3	Outro exemplo atribuindo diferentes prioridades e comparando com original.....	128
	<b>Considerações Finais.....</b>	<b>132</b>
	<b>Bibliografia.....</b>	<b>133</b>

# Lista de Figuras

Figura 3.1. Distribuição de probabilidade da <i>Poisson</i> .....	22
Figura 3.2. Distribuição do tempo de serviço.....	22
Figura 5.1. Exemplo de um <i>Call Center</i> com filas múltiplas disjuntas.....	39
Figura 5.2. Exemplo de um <i>Call Center</i> com filas múltiplas comuns.....	40
Figura 5.3. Exemplo de um <i>output</i> usando <i>software EasyErlang</i> .....	42
Figura 5.4. Relação entre os recursos (agentes) e o <i>ASA</i> .....	44
Figura 5.5. Relação entre os recursos (agentes) e o <i>Queue time</i> .....	45
Figura 5.6. Exemplo com <i>software EasyErlang</i> .....	48
Figura 5.7. Relação entre o <i>SL</i> e a taxa de chegadas não constante durante 30 min...48	
Figura 6.1. Exemplo teórico de uma simulação para o modelo <i>Erlang C</i> .....	56
Figura 6.2. Exemplo de um algoritmo que simula o processo de simulação do modelo base <i>Erlang C</i> .....	58
Figura 8.1. Evolução do <i>Service Level</i> até 10 agentes.....	67
Figura 8.2. Evolução do nível de serviço até 30 agentes.....	70
Figura 8.3. Comparação dos níveis de serviço com a fórmula do <i>Erlang</i> e com os valores gerados pela simulação.....	72
Figura 8.4. Comparação dos tempos médios de espera ( <i>ASA</i> ) da fórmula do <i>Erlang</i> com os tempos gerados pelas (iterações da) simulação.....	72
Figura 8.5. Evolução do nível de serviço até 30 agentes.....	75
Figura 8.6. Comparação dos níveis de serviço com a fórmula do <i>Erlang</i> e com os valores gerados pela simulação.....	78
Figura 8.7. Comparação dos tempos médios de espera ( <i>ASA</i> ) da fórmula do <i>Erlang</i> com os valores gerados pelas (iterações da) simulação.....	78
Figura 8.8. Evolução dos níveis de serviço até 30 agentes.....	81
Figura 8.9. Evolução dos níveis de serviço até 55 agentes.....	83
Figura 9.1. Evolução dos níveis de serviço até 30 agentes.....	87
Figura 9.2. Evolução dos níveis de serviço até 25 agentes.....	95
Figura 9.3. Evolução dos níveis de serviço até 20 agentes (3 grupos agora).....	104
Figura 9.4. Evolução dos níveis de serviço até 20 agentes (3 grupos agora).....	106
Figura 9.5. Evolução dos níveis de serviço até 20 agentes (5 grupos agora).....	110

Figura 10.1. Evolução dos níveis de serviço até 32 agentes.....	113
Figura 10.2. Evolução dos níveis de serviço até 32 agentes.....	126
Figura 10.3. Evolução dos níveis de serviço até 32 agentes.....	129

## Lista de Tabelas

Tabela 5.1. Exemplo de duas <i>queues</i> com determinado número de chamadas e respectivas durações.....	40
Tabela 5.2. Exemplo de três períodos com determinado número de chamadas e respectivas durações.....	49
Tabela 5.3. Exemplo de dois períodos com determinado número de recursos e respectivos níveis de serviço.....	50
Tabela 7.1. Tabela dos vários tipos de variáveis em <i>VBA</i> .....	63
Tabela 8.1. Nível de serviço obtido com 10 agentes usando cálculo em <i>Excel</i> .....	65
Tabela 8.2. Nível de serviço obtido com 10 agentes usando fórmulas matemáticas do modelo <i>Erlang C</i> .....	65
Tabela 8.3. Output gerado pela simulação, que nos dá nível de serviço.....	66
Tabela 8.4. Output de 10 iterações para um bloco de $a = 10$ agentes.....	67
Tabela 8.5. Nível de serviço obtido com 1 agente usando fórmulas matemáticas do modelo <i>Erlang C</i> .....	68
Tabela 8.6. Nível de serviço obtido com 9 agentes usando fórmulas matemáticas do modelo <i>Erlang C</i> .....	68
Tabela 8.7. Nível de serviço obtido com 10 agentes usando fórmulas matemáticas do modelo <i>Erlang C</i> .....	69
Tabela 8.8. Output gerado pela simulação, que nos dá nível de serviço.....	69
Tabela 8.9. Comparação dos níveis de serviço originados através da fórmula <i>Erlang C</i> com a gerada pela simulação.....	71
Tabela 8.10. Output gerado pela simulação, que nos dá nível de serviço.....	74
Tabela 8.11. Output de 5 iterações para um bloco de $a = 10$ agentes.....	75
Tabela 8.12. Output de 5 iterações para um bloco de $a = 30$ agentes.....	76
Tabela 8.13. Nível de serviço obtido com 9 agentes usando <i>Erlang C</i> .....	76
Tabela 8.14. Comparação dos níveis de serviço originados através da fórmula <i>Erlang C</i> com a gerada pela simulação.....	77
Tabela 8.15. Output gerado pela simulação, que nos dá os níveis de serviço.....	80
Tabela 8.16. Output gerado pela simulação, que nos dá os respectivos tempos de espera de cada serviço.....	81
Tabela 8.17. Output gerado pela simulação, que nos dá os níveis de serviço.....	82

Tabela 8.18. Output gerado pela simulação, que nos dá os respectivos tempos de espera de cada serviço.....	83
Tabela 9.1. Informação real a analisar, sobre os vários períodos de cada serviço.....	85
Tabela 9.2. Output gerado pela simulação, que nos dá os níveis de serviço.....	86
Tabela 9.3. Output gerado pela simulação, que nos dá os respectivos tempos de espera de cada serviço.....	86
Tabela 9.4. <i>SLA</i> Aglomerado por período com 21 agentes.....	88
Tabela 9.5. Detalhe por serviço e período com 21 agentes.....	88
Tabela 9.6. <i>SLA</i> Detalhado com 21 agentes: Média de todos os períodos juntos em cada serviço.....	89
Tabela 9.7. <i>SLA</i> Aglomerado por período com 22 agentes.....	89
Tabela 9.8. Detalhe por serviço e período com 22 agentes.....	90
Tabela 9.9. <i>SLA</i> Detalhado com 22 agentes: Média de todos os períodos juntos em cada serviço.....	90
Tabela 9.10. <i>SLA</i> Aglomerado por período com 30 agentes.....	91
Tabela 9.11. Detalhe por serviço e período com 30 agentes.....	91
Tabela 9.12. <i>SLA</i> Detalhado com 30 agentes: Média de todos os períodos juntos em cada serviço.....	92
Tabela 9.13. Informação real a analisar, sobre os vários períodos de cada serviço.....	93
Tabela 9.14. Output gerado pela simulação, que nos dá os níveis de serviço.....	94
Tabela 9.15. Output gerado pela simulação, que nos dá os respectivos tempos de espera de cada serviço.....	94
Tabela 9.16. <i>SLA</i> Aglomerado por período com 20 agentes.....	96
Tabela 9.17. Detalhe por serviço e período com 20 agentes.....	96
Tabela 9.18. <i>SLA</i> Detalhado com 20 agentes: Média de todos os períodos juntos em cada serviço.....	97
Tabela 9.19. <i>SLA</i> Aglomerado por período com 21 agentes.....	98
Tabela 9.20. Detalhe por serviço e período com 21 agentes.....	98
Tabela 9.21. <i>SLA</i> Detalhado com 21 agentes: Média de todos os períodos juntos em cada serviço.....	99
Tabela 9.22. <i>SLA</i> Aglomerado por período com 30 agente.....	100
Tabela 9.23. Detalhe por serviço e período com 30 agentes.....	100
Tabela 9.24. <i>SLA</i> Detalhado com 30 agentes: Média de todos os períodos juntos em cada serviço.....	101
Tabela 9.25. Informação real a analisar, sobre os vários períodos de cada serviço...	102
Tabela 9.26. Output gerado pela simulação, que nos dá os níveis de serviço.....	103
Tabela 9.27. Output gerado pela simulação, que nos dá os respectivos tempos de espera de cada serviço.....	103

Tabela 9.28. Output gerado pela simulação, que nos dá os níveis de serviço.....	105
Tabela 9.29. Output gerado pela simulação, que nos dá os respectivos tempos de espera de cada serviço.....	105
Tabela 9.30. Informação real a analisar, sobre os vários períodos de cada serviço...	108
Tabela 9.31. Output gerado pela simulação, que nos dá os níveis de serviço.....	109
Tabela 9.32. Output gerado pela simulação, que nos dá os respectivos tempos de espera de cada serviço.....	109
Tabela 10.1. Informação real a analisar, sobre os vários períodos de cada serviço...	111
Tabela 10.2. Output gerado pela simulação, que nos dá os níveis de serviço.....	112
Tabela 10.3. Output gerado pela simulação, que nos dá os respectivos tempos de espera de cada serviço.....	113
Tabela 10.4. <i>SLA</i> Aglomerado por período com 26 agentes.....	114
Tabela 10.5. Detalhe por serviço e período com 26 agentes.....	115
Tabela 10.6. <i>SLA</i> Detalhado com 26 agentes: Média de todos os períodos juntos em cada serviço.....	115
Tabela 10.7. <i>SLA</i> Aglomerado por período com 27 agentes.....	116
Tabela 10.8. Detalhe por serviço e período com 27 agentes.....	116
Tabela 10.9. <i>SLA</i> Detalhado com 27 agentes: Média de todos os períodos juntos em cada serviço.....	117
Tabela 10.10. <i>SLA</i> Aglomerado por período com 28 agentes.....	118
Tabela 10.11. Detalhe por serviço e período com 28 agentes.....	118
Tabela 10.12. <i>SLA</i> Detalhado com 28 agentes: Média de todos os períodos juntos em cada serviço.....	119
Tabela 10.13. <i>SLA</i> Aglomerado por período com 29 agentes.....	119
Tabela 10.14. Detalhe por serviço e período com 29 agentes.....	119
Tabela 10.15. <i>SLA</i> Detalhado com 29 agentes: Média de todos os períodos juntos em cada serviço.....	120
Tabela 10.16. <i>SLA</i> Aglomerado por período com 30 agentes.....	120
Tabela 10.17. Detalhe por serviço e período com 30 agentes.....	120
Tabela 10.18. <i>SLA</i> Detalhado com 30 agentes: Média de todos os períodos juntos em cada serviço.....	121
Tabela 10.19. <i>SLA</i> Aglomerado por período com 31 agentes.....	121
Tabela 10.20. Detalhe por serviço e período com 31 agentes.....	122
Tabela 10.21. <i>SLA</i> Detalhado com 31 agentes: Média de todos os períodos juntos em cada serviço.....	122
Tabela 10.22. <i>SLA</i> Aglomerado por período com 32 agentes.....	122
Tabela 10.23. Detalhe por serviço e período com 32 agentes.....	123



Tabela 10.24. <i>SLA</i> Detalhado com 32 agentes: Média de todos os períodos juntos em cada serviço.....	123
Tabela 10.25. Output gerado pela simulação, que nos dá os níveis de serviço.....	125
Tabela 10.26. Output gerado pela simulação, que nos dá os respectivos tempos de espera de cada serviço.....	125
Tabela 10.27. Output gerado pela simulação, que nos dá os níveis de serviço.....	128
Tabela 10.28. Output gerado pela simulação, que nos dá os respectivos tempos de espera de cada serviço.....	129



# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Motivação

Hoje em dia, é possível observar uma maior abertura e conhecimento do conceito de *Call center*, e os seus desenvolvimentos têm vindo a crescer, mas para tal é preciso haver uma importante análise e estudo do mesmo, por exemplo, por via de uma gestão eficiente dos seus recursos e previsões de necessidades como recrutamento e formação, bem como uma ajustada calendarização das férias e folgas, beneficiando, assim, as empresas.[8]

Este estudo das filas de espera tem imensas aplicações, sendo muito útil para estudos como o de *Call Centers*, como é o caso, para se determinar o número de agentes necessários para o cálculo do nível de serviço (*Service Level - SL*) ou também para outras situações como, para um gerente de um supermercado ou de um banco conhecer o comportamento das filas para decidir quantas caixas deverá abrir. Para este tipo de estudos, muitos gestores baseiam-se no modelo *Erlang C*, mas este modelo adopta muitas suposições que são questionáveis no contexto dos *Call Centers*.

Especificamente, este modelo assume que as chamadas chegam a uma taxa média conhecida e que são atendidas por um número estatisticamente e identicamente igual de agentes, com tempos de serviço que seguem uma exponencial e que os clientes esperam o tempo que for necessário em fila, entre outras suposições. Como na prática isto não acontece, foi proposto neste trabalho uma alternativa a este modelo, que conseguisse ultrapassar estas limitações e originar resultados que gerassem uma melhor aproveitamento dos recursos nas empresas.[7]

### 1.2 Objectivos

Este trabalho tem como objectivo a simulação do funcionamento e comportamento de um *Call Center*, recorrendo a simulações, usando como linguagem de programação a ferramenta do Excel, VBA (*Visual Basic para Aplicações*).

O objectivo principal é otimizar o funcionamento das filas, encontrando um equilíbrio entre dois extremos: o congestionamento que acontece quando os clientes têm que esperar demasiado tempo na fila, e o controlo de chamadas quando não há ninguém a ser servido por muito tempo.

Neste trabalho irei fornecer uma visão de um possível modelo de simulação de um *Call Center* em alternativa ao modelo *Erlang C*, destacando entradas e tipos de dados típicos, os desafios da simulação e modelação e os valores de saída mais importantes. Tudo isto, pode ser usado no mundo real.

### 1.3 Organização do documento

Para começar, fizemos uma breve abordagem acerca do conceito *Call Center* (capítulo 2) e de seguida sobre a teoria das filas de espera (capítulo 3), que apresentam características muito próprias.

No capítulo 4 falamos sobre modelos de tráfego e sobre as métricas dos *Call Centers*. Passando para o capítulo 5, em que é explicado o modelo *Erlang C* em mais detalhe, assim como as suas propriedades e limitações, concluímos que é preciso

arranjar uma alternativa mais robusta, assim introduzimos, no capítulo 6, o conceito e o porquê de simulação, assim como as suas vantagens e desvantagens na perspectiva deste trabalho.

De seguida, no capítulo 7 falamos um pouco das ferramentas usadas na execução deste trabalho, nomeadamente, o *software Excel* e a ferramenta *Macro*.

Nos últimos três capítulos, temos todos os resultados obtidos, sendo estes comparados e discutidos. Numa situação inicial tínhamos como objectivo simular o modelo *Erlang C* base, variando os parâmetros taxa de chegada e taxa de serviço, entre outros, que segundo a teoria, concluímos que as chamadas entram no sistema de acordo com um processo de *Poisson* de taxa  $\lambda$  e que o tempo de serviço é exponencial com taxa  $\mu$ .

Após este estudo, foram introduzidos novos conceitos na estrutura do algoritmo a que o modelo *Erlang* está condicionado, nomeadamente prioridades e considerámos para análise dados reais, usando simulações.

## Capítulo 2

### *Call Centers*

Neste capítulo explicamos o conceito de *Call Center* e como estes podem ser beneficiados através de uma aproximação matemática.

#### 2.1 Conceito de *Call Center*

Um *Call Center* é uma instalação desenhada para suportar a chegada de algum serviço interactivo através de comunicações via telefone (e não só).

*Call Centers* são exemplos de sistemas de filas de espera; chamadas chegam, esperam numa fila virtual e depois, possivelmente, são atendidas por um agente. [7]

As filas de espera fazem parte do quotidiano de todos nós, como por exemplo, fila no trânsito, fila para almoçar na cantina, fila no supermercado, etc. Carros na estrada, um cliente numa fila num banco, ou chamadas a chegar a um *Call Center*, partilham características de tráfego semelhantes. A carga pode ser alta, levando a um longo tempo de espera, ou pode ser leve e tudo andar suavemente.

Auto-estradas, cabines telefónicas, linhas telefónicas e filas de banco se estiverem sobrecarregadas, geram longos atrasos proporcionando um serviço fraco ou então podem estar vazias devida à pouca procura/utilização. Gestores e analistas devem estar aptos para estimar o número certo de recursos para fornecer um serviço adequado a custos razoáveis. Modelação de tráfego fornece a teoria e prática para analisar padrões de tráfego e determinar os recursos necessários para lidar com isso da melhor forma.[7]

A teoria das filas de espera tem então muitas aplicações. O objectivo principal é optimizar o funcionamento das filas, encontrando um equilíbrio entre dois extremos: o congestionamento que acontece quando os clientes têm que esperar demasiado tempo na fila, e o controlo de chamadas quando não há ninguém a ser servido por muito tempo.

No entanto vários factores têm recentemente conspirado para aumentar a procura para a análise de simulações de *Call Centers*, mas antes de os mencionar é preciso explicar o conceito de *Skill*, que se trata da capacidade e formação que cada um dos colaboradores adquiram ou já possuem. O facto de estes colaboradores estarem aptos para trabalhar em mais que um serviço permite coincidir e melhorar a escolha de horários, e por outro, o número de recursos necessários para garantir o bom funcionamento da empresa.

Então os factores a mencionar são:[7]

- O aumento da complexidade no tráfego das chamadas, juntamente com o uso, quase omnipresente, da rotina base de *Skills*.
- A rápida mudança nas operações devido ao aumento de fusões e aquisições, volatilidade de negócio, opções de *outsourcing* e os vários canais para o apoio de clientes (telefone, email, Web, chat).
- Computação mais barata e rápida combinada com a especialização de aplicações de simulação de *Call Centers* que estão agora comercialmente disponíveis.

## 2.2 Porque deverá um gestor de *Call Center* saber sobre matemática?

De uma perspectiva matemática, *Call Centers* são interessantes em vários aspectos, sendo que vamos realçar de seguida alguns deles,

- *Call Centers* tipicamente atendem mais que um tipo de chamadas.
- Em muitos *Call Centers* agentes fazem também chamadas (*outbound*) para clientes, por exemplo, para casos de *telemarketing*.
- Cada chamada é de duração aleatória assim como o trabalho (dados recebidos, documentação, investigação, etc.) que os agentes têm de fazer após terminarem a chamada.
- Cada agente tem uma determinada *skill*, para atender uma determinada chamada, ou vários tipos de chamadas ou até todos os tipos de chamadas com diferentes prioridades e preferências, especificadas na lógica de encaminhamento.

Também, os *Call Centers* podem ser pensados como um sistema estocástico com múltiplas filas e múltiplos tipos de clientes.

O uso de modelos estocásticos para o planeamento de operações em *Call Centers*, para colocar os horários dos agentes de modo eficiente e para analisar a performance, não é um fenómeno novo, e já vem desde o tempo do matemático Dinamarquês Agner Krarup Erlang (viveu entre 1878 e 1929). [1]

**Nota:** Apesar de falar em *Call Centers*, que tratam de chamadas *inbound* e *outbound*, existe outro termo comum, o *Contact Center*, onde não só tratam de chamadas telefónicas mas usam também outros tipos de contactos com o cliente, por exemplo email, fax, carta e/ou sessões de “chat”.

Para um bom desempenho num *Call Center* é preciso haver um equilíbrio entre três fortes interesses, sendo eles: [2]

- Custos
- Qualidade de serviço
- Satisfação dos empregados

No dia-a-dia os gestores destes *Call Centers*, para manter um bom equilíbrio e desempenho nesses três pontos, têm de responder a várias questões nas quais modelos de apoio à decisão são valiosos. Algumas dessas questões vão ser mencionadas de seguida:

- Quantos agentes devemos ter em equipa com uma *skill* particular? Como devemos agendar os turnos, intervalos, refeições, formação, reuniões e outras actividades destes agentes?
- Quantas chamadas de um certo tipo devemos esperar num certo período de tempo?
- Quão rápido queremos responder a um certo tipo de chamadas *inbound*?
- Como devemos cruzar os nossos agentes?

- Dada uma previsão, um projecto de rotas e a agenda de um agente, como irá o nosso sistema comportar-se?
- Qual é a nossa capacidade global? Como irá um pico no volume de chamadas ter um impacto na performance global?
- Como está o comportamento do *Call Center* neste momento? O que mudou desde que foi feita a ultima previsão e publicada a nossa agenda? Se as mudanças são significativas, o que posso fazer em resposta para minimizar o impacto no resto do dia ou da semana?





## Capítulo 3

### Componentes de um sistema

Neste capítulo é discutido o que é necessário para gerar uma simulação de uma fila de espera, assim como dois tipos de modelos da teoria das filas, utilizando um ou mais servidores (agentes) para aproximar sistemas simples.

#### 3.1 Distribuições de probabilidade

Para podermos fazer uma simulação de uma fila de espera, é necessário definirmos os seus elementos, como por exemplo, as chegadas, os tempos de serviço, a disciplina da fila.

A distribuição das chegadas pode ser descrita pelo tempo entre duas chegadas seguidas ou pelo número de clientes que chegam por unidade de tempo. Neste trabalho, decidimos optar por descrever o tempo entre as chegadas. A taxa de chegada é o número médio de clientes que chegam ao sistema por unidade de tempo e é denotado pela letra  $\lambda$ .

Uma abordagem ingénua para descobrir o número de agentes necessários num *Call Center* é dividindo o número de chamadas esperadas numa hora pela média da duração dessas chamadas. Por exemplo, se a duração de cada chamada leva, em média, 15 minutos, então cada agente pode atender 4 chamadas por hora. Se 100 chamadas chegam numa hora, parece que serão precisos 25 agentes, e 25 linhas telefónicas devem estar aptas para receber esta carga de chamadas.

A falha nesta lógica é que os pedidos de serviço não chegam de uma forma ordenada, uma a seguir à outra. Assim, como clientes num banco, as chamadas telefónicas chegam em tempos aleatórios e independentes umas das outras: algumas chamadas irão chegar havendo outras ainda a ser atendidas; algumas chamadas irão chegar simultaneamente, e durante alguns períodos do dia não irão sequer chegar chamadas. A distribuição de *Poisson* expressa a probabilidade de um número de eventos ocorrerem num período fixo de tempo, [5] ou seja:

$$P_p(\lambda, x) = \sum_{i=0}^x \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}$$

onde,  $\lambda$  é a taxa média de chegadas e  $x$  é o tempo de chegadas.

A distribuição de probabilidade da *Poisson*, representada na Figura 3.1 abaixo mostra a probabilidade de chegadas de chamadas com uma média de tempo de chegadas de 4 por hora, [5] que é o que o exemplo anterior assume que cada agente irá experienciar.

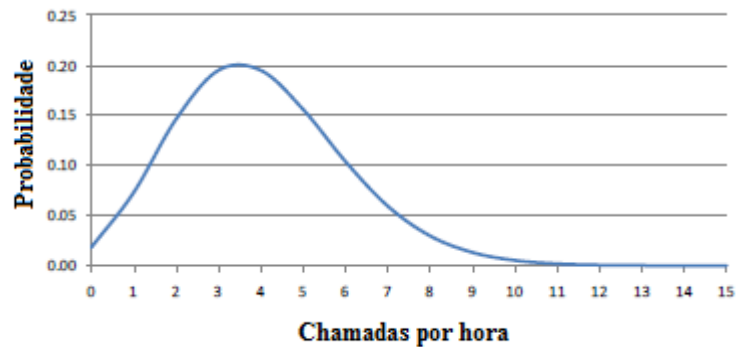


Figura 3.1. Distribuição de probabilidade da *Poisson*

A duração de pedidos de serviço (das chamadas) também não é uniforme. As durações das chamadas são distribuídas exponencialmente e como a figura 3.2 abaixo mostra, a maioria das chamadas são mais curtas que a média das chamadas, mas algumas são mais longas que a média.[5]

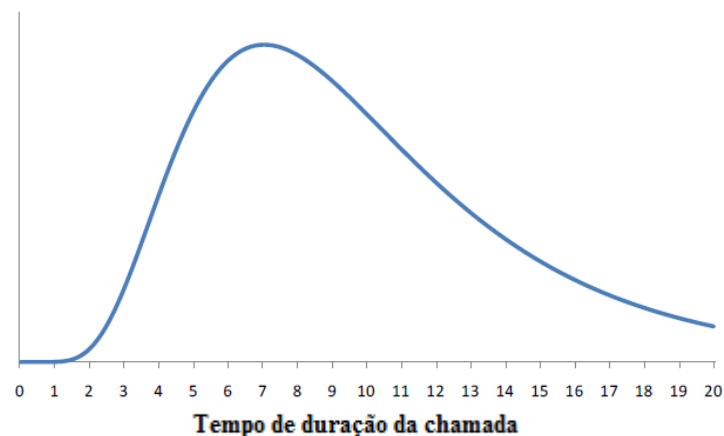


Figura 3.2. Distribuição do tempo de serviço

A distribuição do tempo de serviço, consideramos então, exponencial. A taxa de serviço corresponde ao número médio de clientes que podem ser servidos por unidade de tempo e é denotada pela letra  $\mu$ .

## 3.2 Modelos da Teoria das filas

Nesta secção explicamos os dois tipos de modelos que existem na teoria das filas

### 3.2.1 Modelo M/M/1

O modelo M/M/1 é um dos modelos de filas mais simples de se estudar.

O primeiro M indica que as chegadas ocorrem segundo um processo de *Poisson* com uma taxa média  $\lambda$ . Por natureza do processo de *Poisson*, os tempos entre chegadas são variáveis aleatórias exponenciais, independentes e identicamente distribuídas, com média  $1/\lambda$ .

O segundo M indica que a distribuição de serviço também é uma Exponencial. Os tempos de serviço seguem uma distribuição exponencial com uma média de serviço de  $1/\mu$ .

O “1” indica que há apenas um único servidor.

Este modelo pressupõe ainda que a capacidade do sistema é ilimitada e que a disciplina da fila é a mais comum.

### 3.2.2 Modelo M/M/n

Devido à história das telecomunicações e da indústria dos *Call Centers* de usar fórmulas de fila com estado estacionário M/M/n para obter o número de agentes necessários para cada intervalo de tempo, tem sido habitual traduzir as previsões dos volumes de chamadas em valores de  $\lambda$  para as chegadas *Poisson* e as previsões do **AHT** (duração média de chamadas) em valores  $\mu$  para os tempos de serviço exponenciais.

*Call Centers* são muitas vezes modelados como sistemas de espera M/M/n, ou na terminologia base da indústria – modelo *Erlang C*. [7] Este modelo assume várias hipóteses que são questionáveis no contexto dos *Call Centers*. Especificamente o modelo do *Erlang C* assume que as chamadas chegam numa taxa média conhecida e que estas são atendidas por um número definido de agentes estatisticamente iguais, com tempos de serviço que seguem uma distribuição exponencial. Ainda mais significativo, o modelo *Erlang C* assume que todos os clientes esperam o tempo que for necessário para serem servidos, sem desligarem (sendo uma das suas limitações).

Mas iremos entrar em mais detalhe sobre o modelo *Erlang C* no capítulo 5.

As chamadas entram numa fila de espera infinita e são servidos com o princípio base **FIFO** – *First In First Out*, ou seja a primeira a chegar é a primeira a sair.

A disciplina da fila pode ser variada. No trabalho, assumimos então que os clientes são atendidos consoante a ordem de chegada (disciplina **First In First Out - FIFO**).

Todas as chamadas que entram na fila são servidas por um grupo de agentes homogêneos (e estatisticamente idênticos) a uma taxa média de  $n \times \mu$ .



## Capítulo 4

### Modelos de Tráfego

Neste capítulo explicamos algumas definições básicas e conceitos a ter em conta quando se estuda modelação de tráfego.

#### 4.1 Fontes e Servidores

Modelação de tráfego envolve fontes que geram pedidos de serviço e servidores que realizam estes pedidos. Num sistema de telefones, as fontes são as pessoas que telefonam (*callers*) e os servidores são os recursos dessa companhia de telefones que fornecem o sinal de marcação e encaminham as chamadas para o seu destino.

Modelação de tráfego assume que há um grande número de fontes,  $R$ , pedindo serviço, e um número limitado de servidores,  $N$ . Assume-se que o número de agentes,  $N$ , é maior que esta carga ( $N > A$ ), senão, em média há mais chegadas que saídas, por unidade de tempo, resultando num maior número de chamadas em espera e de um nível de serviço fraco (na realidade isto não ocorre, pois os clientes abandonam a chamada).

Em adição, também assumimos que:

- Fontes geram pedidos/solicitações de serviço (chamadas) aleatoriamente e independentes de cada uma.
- O número médio de pedidos de serviço por unidade de tempo a partir de todas as fontes é constante.
- Pedidos de serviço (chamadas) chegam em intervalos que seguem uma distribuição *Poisson*.
- O tempo necessário para efectuar um pedido é distribuído exponencialmente, e é independente da taxa de chegadas.
- Os pedidos de serviço respeitam a regra **first in, first out (FIFO)**.

#### 4.2 Métricas do *Call Center*

Nesta secção vão ser descritas as métricas mais importantes que são usadas no planeamento e análise dos *Call Centers*.

Começamos por definir o conceito *Erlang*, pois esta é a unidade base da intensidade de tráfego de chamadas.

Um *Erlang* é normalmente designado como 60 minutos de tráfego, portanto se recebermos 300 chamadas em uma hora, cada uma com 2 minutos de duração, então recebemos 600 minutos ou 10 *erlangs* de tráfego nessa hora. [7]

Definimos de seguida, o cálculo da carga oferecida e da intensidade de tráfego.

A carga oferecida (*offered load*) é definida por:

$$R = \lambda / \mu$$

A intensidade de tráfego (ou utilização ou ocupação) é definida por:

$$\rho = \lambda / (N\mu) = R/N$$

E é avaliada como o volume de tráfego por unidade de tempo e é medida em unidades *Erlang*.

Dada a suposição que todas as chamadas são atendidas, a intensidade de tráfego deve ser estritamente menor que um, senão o sistema torna-se instável, isto é, a fila cresce sem limites. Este sistema pode ser analisado, resolvendo um conjunto de equações equilibradas.

Assim que as linhas telefónicas tenham a sua capacidade cheia e todos os servidores estejam ocupados, há uma probabilidade igual de uma chamada acabar e uma nova começar, alcançando um *equilíbrio estocástico*.

A probabilidade resultante do estado estacionário de todos os agentes estarem ocupados é representada da seguinte forma: [7]

$$P\{Wait > 0\} = 1 - \left( \sum_{m=0}^{N-1} \frac{R^m}{m!} \right) / \left[ \left( \sum_{m=0}^{N-1} \frac{R^m}{m!} \right) + \left( \frac{R^N}{N!} \right) \left( \frac{1}{1-R/N} \right) \right] \quad (4.1)$$

A equação (4.1) calcula a proporção de clientes que devem esperar antes do serviço. É uma medida de performance de sistema muito importante.

### 4.3 Carga de chamadas

Nesta secção abordamos melhor o conceito de Chamadas Por Hora (CPH) e Duração média de chamadas (*Average Handling Time* – AHT)

O volume e intensidade de entrada de pedidos de serviço são factores chave no planeamento de *Call Centers*, como foi visto na secção 4.2.

As métricas que definem a carga de chamadas são Chamadas por Hora (CPH) e *Average Handling Time* (AHT), e são medidas em unidades *Erlang*.

Defino a carga do sistema como  $A = \lambda \times \mu$ , e a unidade é *Erlang*, ou seja o volume de tráfego é determinado pelo número de pedidos de serviço por unidade de tempo e pelo tempo que cada servidor leva a satisfazer esse pedido. [5] Por exemplo, se a taxa de chegadas é de 100 Chamadas Por Hora (CPH), e cada chamada necessita de 9 minutos (0.15 horas) de serviço, o volume do tráfego num dia com 8 horas de trabalho é:  $100 \times 0.15 \times 8 = 120$  chamadas por hora (CPH).

Um *Erlang* corresponde a uma CPH/hora, ou, escrevendo de outra forma, um *Erlang* é igual a uma linha telefónica tendo chamadas/tráfego durante uma hora.

A intensidade de tráfego no exemplo anterior é de  $120/8 = 15E$

Antes de falar do AHT, é preciso definir dois termos, o *wrap-up time* e o ACD.

Portanto o *wrap-up time*, é o tempo que um agente gasta numa chamada, após o final da mesma com o cliente. Usualmente consiste em introduzir dados relacionados com a chamada na base de dados do sistema. Este tempo (*wrap-up time*) pode ser tão demorado como a própria chamada. [2]

Finalmente, algumas decisões são tomadas por *software* em tempo-real, usualmente pelo ACD (*Automatic Call Distribution*). Isto acontece por exemplo, em decisões sobre o atendimento de certas chamadas tendo em conta os agentes

disponíveis. Algumas vezes estas decisões envolvem algoritmos complexos, por exemplo no caso de rotinas à base de *Skills*. [2]

Portanto, agora sim, o AHT inclui o tempo que o agente fornece serviço (tempo de conversação), bem como alguma actividade adicional que seja precisa para completar a chamada e se preparar para a seguinte (*wrap-up time*).

Como mencionado na secção 3.1 (do capítulo 3), a maioria dos *Call Centers* assume que as durações médias das chamadas são exponencialmente distribuídas, mas sempre que possível é recomendado que se use informação mais precisa sobre as distribuições do AHT, por exemplo, é comum encontrar *Call Centers* que usam a *distribuição bi-modal* para a duração média das chamadas (casos mais fáceis com uma média mais pequena, casos mais complicados se a média for maior). No entanto a razão principal que leva a indústria dos *Call Centers* a aceitar a hipótese dos tempos médios serem exponenciais é porque o *ACD* armazena apenas tempos médios de duração ao nível do intervalo.

#### 4.4 Planeamento de tráfego em horas de carga máxima

Todo o planeamento de tráfego tem de estar focado nos períodos de carga máxima.

Não é aceitável oferecer um excelente nível de serviço na maior parte do tempo e terrível serviço assim que os clientes queiram fazer mais chamadas.

Usualmente retira-se a hora mais ocupada de cada dia, por 5 ou 10 dias durante a época mais crítica do ano e calcula-se a média dessa intensidade das horas de trabalho. Essa “*Average busy hour*” é usada para determinar o máximo número de agentes necessários.

Enquanto recursos suficientes são necessários para aguentar/controlar a carga máxima de tráfego, é uma boa prática estabelecer a chegada de tráfego e os padrões de duração durante o percurso do dia e de cada dia da semana.

Tráfego diário deve ser guardado em intervalos de 30 minutos ou até de 15 minutos, porque o período de carga máxima muito certamente não irá corresponder com o intervalo de amostragem e portanto será medido incorrectamente. Analisar a necessidade de recursos durante diferentes períodos do dia e todos os dias da semana irá permitir uma melhor optimização dos horários e turnos da equipa.

**Por exemplo**, uma das limitações que iremos ver no capítulo seguinte é que o modelo *Erlang C* não permite flutuações na carga oferecida, quando se sabe que nos *Call Centers* há diferenças na carga durante o período do dia.

## 4.5 Tempo de resposta médio (*Average Speed of Answer – ASA*)

Nesta secção explicamos em que consiste o termo **ASA** e como o calcular. De seguida explicamos o que é o Nível de Serviço e como o calcular também.

Tempo de resposta médio (ASA) é o tempo médio que a pessoa que ligou (*caller*) espera para falar com um agente, ou seja é o tempo médio no qual todas as chamadas serão atendidas. No geral, médias são aceites para estimativas e tendências, mas têm de ser usadas com grande atenção por causa da alta variabilidade na distribuição natural das chegadas de chamadas e duração, como explicado na secção anterior (por exemplo, a sequência 0, 10, 30, 100 tem o mesmo ASA que a sequência 35, 35, 35, 35 e isto mostra que a formula do ASA, pela sua definição, não depende da variabilidade). Muitas das pessoas que ligam irão experienciar atrasos significativamente maiores que a média. Por exemplo, uma equipa de 12 pessoas atendendo 80 chamadas por hora com um AHT de 7 minutos pode ter um tempo de resposta médio (ASA) de 50 segundos. No entanto, como veremos mais à frente, esta média aplica-se apenas a 78% das chamadas; 22% das pessoas que ligam irão experienciar atrasos maiores, e alguns poderão abandonar a fila de espera, antes de serem atendidos. Temos então a seguinte medida de desempenho ASA, [7] representada como:

$$\begin{aligned} ASA &= E[Wait] = P\{Wait > 0\}.E[Wait|Wait > 0] \\ &= P\{Wait > 0\}.\left(\frac{1}{N}\right)\left(\frac{1}{\mu_i}\right)\left(\frac{1}{1 - \rho_i}\right) \end{aligned}$$

## 4.6 Nível de serviço (*Service Level*)

Nesta secção explicamos o que denominamos como Nível de Serviço e como o calcular.

Em vez de observarmos o ASA como uma única figura de mérito, um método mais apropriado e preciso é definir um nível de serviço desejável, que é a percentagem de chamadas que irão ser atendidas dentro de um alvo previamente definido. **Por exemplo** um alvo/objectivo de nível de serviço pode ser de 90% das chamadas serem atendidas dentro de 15 segundos, e para os restantes 10%, que irão acabar por esperar mais tempo, o atraso não será mais que 60 segundos. Um projecto de *Call Center* deve estabelecer o nível de recursos e linhas telefónicas que irão ser precisas para suportar aquele nível de serviço. Além disso, o *Call Center* deve saber quantos *callers* irão perder o objectivo de 10 segundos e caracterizar a sua experiência: quanto tempo irão ter que esperar para receber o serviço e quantos estão propensos a abandonar a chamada prematuramente.

### 4.6.1 Cálculo do Nível de Serviço

Foi visto então que num *Call Center*, é suposto os agentes atenderem as chamadas dentro de um tempo definido, ou dentro de um nível de serviço predefinido, onde este é expresso como a percentagem de chamadas que são atendidas dentro de um tempo pré-estabelecido, por exemplo, 90% das chamadas devem ser atendidas até 30 segundos, ou seja é o tempo máximo que uma chamada é permitida esperar numa fila antes de ser conectada a um agente. Frequentemente, os níveis de serviço são colocados arbitrariamente, baseados em suposições, muitas vezes incorrectas, sobre qual será o “melhor” nível de serviço.



De preferência o nível de serviço deve reflectir as necessidades e expectativas das pessoas do *Call Center*, porque **(como irei referenciar no tópico de chamadas abandonadas - secção 4.6.2)**, diferentes clientes têm diferentes níveis de expectativas e tolerância.

A maioria dos *Call Centers* usa uma métrica do nível de serviço calculada pelo *software* do **ACD (Automatic Call Distribution)** do *Call Center*, em que é muitas vezes mostrado de forma proeminente no *Call Center*. [5]

Para clientes que abandonam a chamada antes do objectivo estipulado para o nível de serviço, existem diferentes possibilidades. A mais comum é não contar com essas chamadas. Isto leva-nos à seguinte definição de nível de serviço (*Service Level*):

$$SL = \frac{\text{Número de chamadas atendidas antes do SL estipulado}}{\text{Número de chamadas atendidas} + \text{número de chamadas abandonadas depois do SL estipulado}} \times 100\%$$

Outra possibilidade é contá-las como chamadas para o qual o nível de serviço foi cumprido.

**Por exemplo**, um *Call Center* recebe 510 chamadas durante 1 hora. O objectivo do nível de serviço é colocado em 20 segundos. Um total de 460 chamadas recebem serviço, das quais 410 são atendidas antes dos 20 segundos. Das 50 chamadas abandonadas, 10 abandonaram antes dos 20 segundos. Sendo assim, o nível de serviço é  $\frac{410}{460+40} \times 100\% = 82\%$ . Não tendo em conta os abandonos, ao calcular o nível de serviço, este seria de  $\frac{410}{460} \times 100\% = 89\%$ .

A maioria dos *Call Centers* baseia-se muito a sério nos cálculos do ACD e não é incomum o supervisor pressionar os agentes para atenderem mais chamadas se o nível de serviço ficar abaixo do nível que eles consideram apropriado. No entanto, muitos gestores de *Call Centers* não sabem como é calculado este nível de serviço e não estão atentos ao facto de haver diferentes métodos de cálculo, que levam a diferentes resultados. Algum do *software* ACD permite aos gestores/planeadores do *Call Center* escolherem o método que preferem e até definirem a fórmula que reflecte melhor a sua estratégia e especificamente, a sua perspectiva sobre as chamadas abandonadas.

De seguida vamos explicar alguns métodos usados pela maioria dos *softwares* do ACD:[5]

O objectivo do nível de serviço definido pelo *Call Center* marca o limiar desse nível de serviço; é o tempo máximo que uma chamada é permitida esperar numa fila antes de ser conectada a um agente. Para calcular o nível de serviço por um período de tempo, o ACD determina o número de chamadas que teve um evento de nível de serviço dentro desse período. Um evento de nível de serviço é algum dos seguintes:

- A chamada é atendida
- A chamada é abandonada
- O tempo de espera da chamada excede o limite do nível de serviço sem que esta tenha sido atendida ou abandonada.

Todas as chamadas que tiveram um evento de nível de serviço dentro do período de tempo do objectivo do nível de serviço, incluindo as chamadas não atendidas são consideradas chamadas oferecidas (*offered calls*) e são contabilizadas no cálculo do nível de serviço. Há três métodos fundamentalmente diferentes para calcular o nível de serviço, que vão ser mencionados de seguida, com exemplos para cada método.

Nos seguintes exemplos de cálculo do nível de serviço, assumimos as seguintes estatísticas de *Call Center*:

- Chamadas oferecidas: 100
- Chamadas atendidas dentro do objectivo do nível de serviço: 70
- Chamadas abandonadas dentro do objectivo do nível de serviço: 10

### **Método 1:** Chamadas abandonadas são oportunidades perdidas

Este método atribui elevada importância a chamadas abandonadas, e chamadas perdidas são tratadas como oportunidades de negócio perdidas. Portanto, apenas são contadas as chamadas atendidas para atingir a meta de nível de serviço satisfatório.

Este método é apropriado para *Call Centers* que realçam a satisfação do cliente e usam as chamadas do cliente como oportunidades de venda.

**Exemplo:**  $70/100 = 70\%$

### **Método 2:** Chamadas abandonadas são contabilizadas

Esta abordagem estipula que num *Call Center* com uma equipa adequada, o tempo de espera é curto o suficiente para satisfazer a maioria das chamadas e, ao mesmo tempo, algum nível de chamadas abandonadas é inevitável. Portanto, chamadas que são abandonadas antes do tempo do nível de serviço expirar, são ainda contadas, o que melhora o nível de serviço.

**Exemplo:**  $(70+10) / 100 = 80\%$

### **Método 3:** Chamadas abandonadas são ignoradas

Esta abordagem também assume que chamadas abandonadas são uma parte integral do negócio do *Call Center* e não podem ser evitadas, mas ao contrário do método 2, estas chamadas não afectam o nível de serviço. Este é um método misto que serve à maioria dos *Call Centers*.

**Exemplo:**  $70 / (100 - 10) = 77.7\%$

### **Considerações adicionais:**

Nestes exemplos, uma chamada é considerada abandonada se um cliente desliga após ter esperado um tempo em fila de espera, antes de conectar-se a um agente. No entanto, se for descoberto que vários clientes desligam logo, após terem sido colocados em fila de espera, o problema mais certamente não é de uma fila de espera com tempos excessivos e o cliente provavelmente desligou por uma razão diferente. Estas chamadas irão ter um impacto negativo no nível de serviço do ACD, e a causa deverá ser investigada.

#### 4.6.2 São importantes as chamadas abandonadas? [5]

Preocupados com o longo tempo de espera dos clientes, os gestores do *Call Center* muitas vezes perguntam sobre o “padrão da empresa” ou a “média da empresa” para as chamadas abandonadas. Enquanto a urgência para reduzir o tempo de espera é deveras importante, muitos gestores de *Call Center* concentram-se em testes padrão (*benchmarks*) e falham na obtenção de uma resposta para a simples questão: porquê que as chamadas abandonadas são tão importantes e, conseqüentemente, quanto devia ser investido na adição de recursos para reduzir o número de chamadas abandonadas?

A resposta óbvia é a insatisfação do cliente e o impacto negativo na confiança do cliente para com a empresa. Quando considerando o valor de clientes satisfeitos e o alto custo de perder e readquirir clientes, reduzir o número de clientes insatisfeitos é agora uma prioridade de topo.

Outra razão é o facto, como já referido, que cada chamada abandonada representa uma oportunidade perdida, não só para oferecer ao cliente um excelente serviço, mas também para gerar receitas adicionais.

Enquanto, geralmente, é verdade que clientes satisfeitos mostram uma maior lealdade e que clientes insatisfeitos nem tanto, este caso nem sempre sucede. Quando dada a oportunidade, é mais provável que um cliente insatisfeito mude para outro serviço concorrente ou que compre o mesmo equipamento por outra firma, mas se o serviço ou produto apenas é oferecido por uma fonte, clientes estão menos propícios a mudar.

Por exemplo, a *Microsoft* é uma empresa que todos adoram odiar, e é sujeita a infinitas queixas sobre *software* instável, etc. Mas o *software* ubíquo da *Microsoft* e o custo de substituí-lo por diferentes *softwares* de outras empresas faz com que mais clientes, por muito insatisfeitos que estejam, se tornem mais leais. Então, dentro destas circunstâncias, grandes períodos de espera e até maiores taxas de abandonado podem ser aceitáveis.

Para reconhecer as diferenças nas expectativas de um cliente e serviços oferecidos, é preciso ter em conta que não existe nenhuma “regra de ouro” para um nível “aceitável” de chamadas abandonadas. Similarmente, não há nenhuma fórmula mágica para determinar o tempo de espera que a maioria dos clientes acha aceitável.

De seguida vamos mencionar os principais motivos/factores que influenciam os clientes na questão do tempo de espera e da sua boa vontade, com uma breve descrição.

**Assim, os factores que influenciam a boa vontade dos clientes esperarem são: [5]**

**Grau de motivação em relação à empresa/produto:** clientes (ou não clientes) irão esperar mais tempo para receber apoio técnico para um serviço ou equipamento crítico, para comprar um produto único ou para uma promoção especial.

**Disponibilidade de substituição do produto:** se o cliente pode comprar o mesmo produto ou serviço por outra fonte, ou se uma substituição temporária para o equipamento estragado está disponível, ele irá pesquisar por uma solução alternativa, em vez de esperar.

**Disponibilidade de canais alternativos:** Se a informação desejada pode ser adquirida usando canais ou meios alternativos, como internet, etc., o cliente poderá estar inclinado para eles.

**Existência de concorrência:** se a concorrência oferece melhor nível de serviço num produto semelhante, os clientes, sabendo que têm uma alternativa, irão ser menos pacientes.

**Nível de expectativa sobre o produto/serviço:** A reputação de um serviço, e a experiência que o cliente tem da chamada anterior com esse serviço, influência a expectativa e comportamento do cliente durante essa chamada.

**Disponibilidade de tempo:** Indivíduos ocupados irão estar com menos vontade de serem postos em espera num serviço, mas outros, como aposentados, telefonando para o mesmo *Call Center* e recebendo o mesmo nível de serviço podem ter tempo para conversar e até nem se importarem de esperar.

**Quem está a pagar pela chamada?** Clientes normalmente são mais tolerantes, se a chamada for grátis.

**Comportamento humano:** O humor e a paciência de quem telefona pode ser influenciado por factores como, o tempo de espera por uma resposta, o nível de frustração por um equipamento que tem falhado múltiplas vezes, etc.

Portanto, a estrutura de um *Call Center* deverá reflectir a visão da organização sobre as chamadas abandonadas. Deverá ter uma visão equilibrada dos recursos, das métricas de desempenho, e do potencial perigo para a marca/empresa ou falta de negócio devido ao elevado número de chamadas abandonadas.

## 4.7 Calcular os níveis de recursos

Aqui explicamos que nos *Call Centers*, os organizadores devem estabelecer o número necessário de agentes e alocar as linhas telefónicas necessárias, equilibrando o nível de serviço desejável *versus* (contra) a disponibilidade e custos de operação destes recursos.

### 4.7.1 Linhas telefónicas

A computação do número necessário de postos telefónicos é baseado no modelo *Erlang B* (que irá ser mencionado com mais detalhe no próximo capítulo). O alvo da probabilidade de bloqueio depende do modelo de serviço empregue no *Call Center*.

Se o *Call Center* estiver desenhado como um modelo de “prejuízo” ou “dano”, isto é, as chamadas que não podem ser atendidas imediatamente são desviadas para um serviço de *voice mail* ou simplesmente recebem o sinal de ocupado, é usado o modelo *Erlang B*. Uma probabilidade de bloqueio de 5% ou mais é normalmente considerada como adequada.

No entanto, a maioria dos *Call Centers* não se pode “dar ao luxo” de ter uma equipa no modo “chamadas bloqueadas são perdidas” e ainda manter um alto nível de serviço; eles devem empregar um sistema de filas de espera e suficientes postos telefónicos para permitir que os clientes possam esperar o tempo que desejarem. Na prática é impossível colocar um infinito número de chamadas em espera, então o número de linhas é colocado de modo a que somente em casos raros seja negado aos clientes a oportunidade de esperar por um serviço, e este receber um sinal de ocupado.

#### 4.7.2 Horários dos Agentes

Os horários dos agentes podem ser vistos como uma série de actividades a acontecer durante o decorrer do dia. **Por exemplo** um agente que entre às 8.00 am para um turno de 8 horas, pode ter um intervalo de 15 minutos às 9.45 am, almoço às 11.30 am, um curso online de formação das 13.00 às 14.00 e um intervalo às 15.15 antes de sair do trabalho às 17.00.

**De uma perspectiva de simulação**, cada agente é visto como um recurso para realizar certos tipos de trabalho. De notar que, no contexto dos *Call Centers*, agentes são realmente produtivos apenas durante o intervalo em que os agentes são “programados” para estar, na verdade, no processamento de chamadas telefónicas.

Em adição, é convencional modelar os agentes para completar a tarefa que estão a fazer, mesmo que esta se estenda além do momento em que é suposto trocarem de tarefas (intervalo, por exemplo). Sendo assim, um agente na nossa simulação irá ser modelado para completar a chamada telefónica antes de sair para um intervalo ou almoço.

**Um passo comum na simulação de *Call Centers*** é traduzir um conjunto de horários de agentes para uma matriz de recursos, onde as dimensões da matriz são definidas pelo número de grupos de agentes e pelo número de tempos de intervalo.

#### 4.7.3 Skill dos Agentes

A definição de “*Skill* de Agentes” está compreendida em três tipos principais de entradas para cada agente ou grupo de agentes, que podem ser diferenciadas da seguinte maneira:

1. Que chamadas está o agente apto para atender?
2. Dada a hipótese de ter várias chamadas em espera, quais vai o agente atender primeiro? (**Prioridade de chamadas**)
3. Com que rapidez irá o agente ser capaz de lidar com cada tipo de chamada, e quantas vezes irá o agente resolver o problema com sucesso? (**Competência**)

Quando combinados com encaminhamento lógico e previsão de chamadas, estes atributos especificam completamente o modelo de fila de espera a ser simulado.

Podemos ter três grupos distintos de agentes, cada um com diferentes tipos de *skill*, sendo esses grupos enumerados de seguida, com uma sucinta descrição.

**#1 Grupo de agentes** (Apenas de *Inbound*): Apenas aceitam chamadas *inbound* (de entrada) no princípio base **FIFO** (*first in, first out*). Estes agentes têm uma competência de chamadas de 1.0 para chamadas *inbound*, de modo que o seu AHT é igual ao AHT previsto para chamadas *inbound*.

**#2 Grupo de agentes** (especialistas *Outbound*): Apenas fazem chamadas *outbound* (de saída). Estes agentes têm uma competência de chamadas de 1.0 para chamadas *outbound*, significando que o seu AHT é igual ao AHT previsto para chamadas *outbound*.

**#3 Grupo de agentes** (Cruzamento de ambos): Fazem chamadas *inbound* e *outbound*. Estes agentes têm uma competência de chamadas de 1.0 para chamadas *outbound*, significando que o seu AHT é igual ao AHT previsto para chamadas *outbound*. No entanto estes agentes irão dar prioridade a chamadas *inbound* caso haja alguma em espera na fila, e têm uma competência de chamadas de 2.0 para chamadas *inbound*, reflectindo a relativa ineficiência / incapacidade de cruzamento.

## Capítulo 5

### Modelo *Erlang C*

Neste capítulo estudamos a performance dos *Call Centers* sobre intervalos que são curtos o suficiente para assumir que as características se mantêm. O modelo base para esta situação é o modelo *Erlang* já antes mencionado e é o que estudamos neste capítulo em detalhe.

#### 5.1 Conceitos e fórmulas de Probabilidade

Para relembrar, o conceito *Erlang*, é a unidade base da intensidade de tráfego de chamadas.

Um *Erlang* é normalmente designado como 60 minutos de tráfego, portanto se recebermos 300 chamadas em uma hora, cada uma com 2 minutos de duração, então recebemos 600 minutos ou 10 *erlangs* de tráfego nessa hora.

Há muitas fórmulas de tráfego, apropriadas para diferentes situações, mas duas delas, talvez mais conhecidas e desenvolvidas por A.K. *Erlang*, [1] cobrem as necessidades mais comuns de um operador telefónico. São elas ***Erlang B*** e ***Erlang C***.

Neste trabalho explorámos o *Erlang C*, discutindo as suas características, propriedades, vantagens, desvantagens e limitações.

Portanto, como dito acima, uma das fórmulas de tráfego mais conhecidas é o ***Erlang B*** e esta é a fórmula para usar quando uma chamada bloqueada é realmente bloqueada, por exemplo, quando alguém tenta ligar para o meu telefone e recebe um sinal de ocupado/interrompido. Baseia-se em três variáveis, sendo elas, servidor, tráfego e nível de serviço. Se, se conhecer duas destas, a fórmula irá calcular a terceira.

A outra fórmula de tráfego talvez ainda amplamente mais conhecida e comum a um operador telefónico é o ***Erlang C*** e usa-se esta fórmula quando uma chamada bloqueada é atrasada – por exemplo quando alguém liga para o *Call Center* e tem de esperar por um agente que fique disponível para atender a chamada. Usa as mesmas três variáveis que o *Erlang B*, mais a média das durações de cada chamada, para calcular a probabilidade de ser adiada e quanto será o tempo estimado para esse adiamento. Estas fórmulas só funcionam se tivermos um grande número de fontes independentes de tráfego.

Assim, *Erlang C* é, usualmente, mais usado para calcular quanto tempo terão os clientes de esperar antes de serem atendidos por um humano no *Call Center* (ou numa situação similar). Isto acrescenta um grau de complexidade em pelo menos quatro áreas.

Enumerou-se de seguida essas quatro áreas com uma sucinta descrição.[2]

**1. O que está implícito nos tempos de chamadas?** Num sistema de filas de espera, o tráfego inclui não só os “minutos de conversação” mas também o tempo do agente estar a fazer um “trabalho pós-chamada” (*wrap-up time*) relativo a essa conversação. Recolher informação precisa nesta situação pode ser muito mais difícil do que, por exemplo, olhar simplesmente para um estudo do tráfego. Em teoria, os relatórios do ACD oferecem esta informação – mas só funciona se todos tiverem pressionando os botões certos, nos tempos certos.

**2. O que é o atraso (delay)?** O “*Average delay*” ou seja o atraso médio poderá ser a média de todas as chamadas, incluindo todas as chamadas que não esperaram nada, ou poderá ser a média das chamadas que de facto experienciaram um atraso (até serem atendidas). Esta última abordagem é usualmente mais útil mas devemos explicitar muito claramente com qual estamos a trabalhar. Além disso, usando médias, estas podem esconder situações em que a maior parte das chamadas atrasadas esperam somente uns segundos mas algumas experienciam grandes períodos de atraso. Isto pode ser um problema sério de serviço ao cliente, mesmo se as médias aparentam bons valores/aspecto.

A maioria dos *Call Centers* resume os seus objectivos de atraso em uma frase como: “Atender 85% das chamadas em 30 segundos” mas partindo da fórmula do *Erlang C* até esse resultado, pode ser difícil.

Para ajuda na compreensão do ponto três, é importante definir o conceito *trunks*, que retrata as ligações físicas que permitem a comunicação por telefone, assim:

**3. O que é o atraso hora-por-hora?** Com “*trunks*” não temos a opção de adicionar ou remover circuitos a cada hora, então é preciso instalar e pagar o número necessário em condições de carga máxima. Com pessoas, o período de carga máxima determina o número máximo de agentes mas também é preciso calcular as necessidades de agentes noutros períodos durante o dia e planear os horários dos agentes, mantendo-os coordenados. Isto geralmente significa fazer cálculos separados para cada período de 30 minutos em cada semana. É preciso ter em mente que a precisão dada pelo *Erlang C* apenas nos diz quantas pessoas devem estar a atender chamadas num dado período de tempo. Isto é bem diferente do número que se deve agendar para trabalhar cada dia.

**4. Como é que o tempo de espera afecta a carga dos “*trunks*”?** O tempo que um cliente gasta enquanto espera, ouvindo música contribui para o tráfego do “*trunk*” – posso salvar dinheiro tendo menos agentes para atender chamadas mas isto requer então que se adicione mais “*trunks*”.

*Erlang C* assume que chamadas atrasadas irão ficar em espera **indefinidamente**, e isto pode levar a resultados enganosos se o nível de serviço for fraco.



## 5.2 Modelo *Erlang C*

Nesta secção estramos em detalhe com o modelo *Erlang C*.

Ao contrário do modelo *Erlang B*, no qual pedidos de serviço bloqueados são perdidos, o modelo *Erlang C* descreve o comportamento de um *Call Center* em que pedidos que não possam logo ser satisfeitos, são atrasados até que um servidor (agente) esteja disponível. O modelo define a probabilidade  $P_c(N, A)$  que um pedido de serviço irá ter que esperar pelo serviço se  $N$  agentes estão destinados a aguentar o tráfego de  $A$  *Erlangs*, [4] e esse modelo é representado de seguida como:

$$P_c(N, A) = \frac{\frac{A^N N}{N! (N - A)}}{\sum_{i=0}^N \frac{A^i}{i!} + \frac{A^N N}{N! (N - A)}}$$

onde:

$A$  é a carga do tráfego em unidades *Erlang*

$N$  número de postos de telefones

$\lambda$  é a taxa média de chegadas

$x$  é o tempo de chegadas

Ao contrário da probabilidade do *Erlang B*, que podem ser calculadas usando tabelas estáticas, os cálculos do *Erlang C* são feitos iterativamente. O gestor do *Call Center* tem de calcular os diferentes níveis de recursos iterativamente até que a probabilidade do atraso (ir para a fila) de chamadas é menor que o objectivo do nível de serviço.

A fórmula do *Erlang C* pode ser usada para simular o tempo médio de espera dado um determinado número de agentes, tempos de serviço e intensidade de tráfego. Também é possível usar a fórmula para outros tipos de questões, como por exemplo, para um dado  $\mu$  e  $N$  (agentes) e um *ASA* máximo (aceitável) ou um dado nível de serviço, qual é o volume máximo de chamadas, por unidade de tempo  $\lambda$ , que o *Call Center* consegue lidar?

A questão que mais vezes é colocada é a de como calcular o número mínimo de agentes necessários para um dado volume de chamadas e nível de serviço. Isto também pode ser feito usando tentativas-erro, mas ferramentas de *software* como a calculadora *EasyErlang* (referida na secção 5.5), fazem-no automaticamente.

### 5.3 Propriedades do modelo *Erlang C*

Nesta secção explicamos algumas propriedades do modelo *Erlang C*, com uma sucinta descrição de cada uma.

É importante enumerar algumas propriedades deste modelo, para perceber melhor quais as vantagens (e talvez desvantagens) da fórmula *Erlang*.

Uma das propriedades a considerar é a **Robustez**, [2] pois sabemos que um agente a mais ou a menos poderá fazer uma grande diferença no nível de serviço, mesmo em grandes *Call Centers*. Isto trata-se de boas notícias para *Call Centers* com moderado nível de serviço, pois com um pequeno esforço/sacrifício o nível de serviço pode ser aumentado para um nível mais aceitável. Por outro lado significa que se houver um volume de chamadas maior, que necessite de um agente adicional, poderá deteriorar consideravelmente o nível de serviço. No geral podemos dizer que a fórmula *Erlang* é bastante sensível a pequenas mudanças nos parâmetros de entrada, que são  $\lambda$  (taxas de chegada),  $\mu$  (tempos de serviço) e  $N$  (agentes)

Uma segunda propriedade é o chamado, **Alongamento de tempo**, [2] e esta propriedade está absoluta e relativamente relacionada com os valores das características da chamada, isto é,  $\mu$  (tempos de serviço) e  $\lambda$  (taxas de chegada).

Lembrando que a carga do sistema é dada por  $A = \lambda \times \mu$ . Se  $\lambda$  é o dobro de  $\mu$  ou vice-versa, e o outro é dividido por 2, então a carga do sistema continua a mesma mas isto não significa que o mesmo número de agentes é preciso para obter um certo nível de serviço.

Uma terceira propriedade tem a haver com o **Nível económico da empresa**, [2], por exemplo, teoricamente grandes *Call Centers* funcionam de maneira mais eficaz que os pequenos. Este é o efeito do nível económico, pois se nós conseguirmos colocar o dobro de agentes ( $N$ ), então poderemos aumentar  $\lambda$  (taxa de chegadas) para mais que o dobro do seu valor anterior, mantendo o mesmo o nível de serviço, assumindo que os  $\mu$  (tempos de serviço) e o objectivo de nível de serviço (por exemplo 30 segundos) se mantêm constantes.

## 5.4 Equipa/recursos para múltiplas filas

Nesta secção discutimos a abordagem e o porquê de múltiplas filas em *Call Centers*.

A maioria das ferramentas de planeamento para um *Call Center* é baseada no modelo *Erlang*. Este modelo assume que todas as chamadas chegam para uma fila única e são atendidas por um único conjunto de agentes. Na realidade, muitos *Call Centers* são compostos por múltiplas filas, atribuídas para diferentes produtos ou serviços.

Cada fila, portanto, pode experienciar uma carga de chamadas e características na performance diferentes, e irá ser necessário que cada uma delas possa corresponder às expectativas de cada grupo de clientes/consumidores.

O método para calcular o número de recursos para filas múltiplas num *Call Center* depende das configurações das filas, e estas podem ser separadas em dois grupos, filas disjuntas e em filas comuns, [5] (sendo que nesta última configuração poderá haver problemas, como por exemplo, um cálculo errado dos recursos necessários) de seguida vamos explicar em que consistem cada uma destas configurações.

### 5.4.1 Filas disjuntas

Filas disjuntas são filas separadas em *Call Centers*. Cada fila utiliza recursos telefónicos dedicados e cada agente apenas atende chamadas que chegam à sua fila.

Filas disjuntas representam a forma mais simples de filas múltiplas, como mostra a Figura 5.1 abaixo representada, em que cada fila é independente e não tem qualquer efeito nas outras filas. No fundo, cada fila funciona como um *Call Center* em separado sendo então prático e fácil utilizar o modelo *Erlang C* como uma primeira abordagem, porque num *Call Center* com filas disjuntas, pode-se simplesmente calcular os recursos para cada fila separadamente. Na maioria dos casos, podemos estimar os recursos adicionando as necessidades de cada fila individual.



Figura 5.1. Exemplo de um *Call Center* com filas múltiplas disjuntas

### 5.4.2 Filas comuns

As filas individuais na maioria dos *Call Centers* não são puramente disjuntas.

Em vez disso, elas operam separadamente até que uma fila exceda a sua capacidade, e as chamadas comecem a ser encaminhadas para uma fila de “backup” menos ocupada (ou seja, uma fila que esteja com outro serviço e com agentes com formação suficiente para atenderem essas chamadas), como mostra a Figura 5.2 abaixo representada.

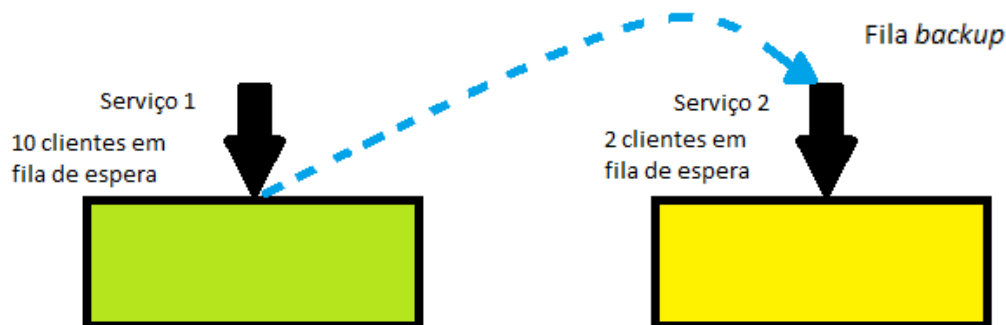


Figura 5.2. Exemplo de um *Call Center* com filas múltiplas comuns

Neste tipo de filas, o problema surge quando tentamos usar o modelo *base Erlang*, pois este modelo assume que todas as chamadas chegam para uma fila única e são atendidas por um único conjunto de agentes, quando na realidade, muitos *Call Centers* são compostos por múltiplas filas, atribuídas para diferentes produtos ou serviços. Assim, nestas situações o modelo *Erlang C* não se aplica, e é usualmente necessário utilizar, por exemplo, **simulação** para estimar a performance, pois esta é mais versátil que a adaptação de um modelo *Erlang*.

Portanto, como a figura 5.2. ilustra, caso o Serviço 1 esteja com muitos clientes em fila de espera, isto é, *overflow*, é possível passar essas chamadas em espera para a fila com chamadas do Serviço 2 – fila “*backup*” (que têm menos clientes em espera), tendo em consideração que os agentes na fila de “*backup*” têm pelo menos, a mesma formação que os do Serviço 1.

Desse ponto em diante, as duas filas estão “unidas” e actuam como uma única fila maior e por exemplo, calcular a média do (*Average Handling Time – AHT*) desta fila “unida” é errado, pois os agentes da fila “*backup*” podem ter menos formação, logo produzem tempos de atendimento mais longos e portanto devem ser ajustados antes de entrarem para os factores do cálculo de recursos (e para este cálculo temos que ter em consideração que o volume de chamadas é a soma do volume de chamadas em cada fila individual). Portanto, é incorrecto simplesmente fazer a média do AHT nas filas comuns.

Assim, o novo AHT deve ser uma média ponderada que é proporcionalmente ajustada ao volume de chamadas de cada AHT.

Vamos considerar o exemplo com as seguintes estatísticas de chamadas:

Queue	Q1	Q2
Chamadas oferecidas	5000	3000
AHT	100	200

Tabela 5.1. Exemplo de duas *queues* com determinado número de chamadas e respectivas durações

O cálculo do AHT com base nos valores da Tabela 5.1 e usando médias ponderadas é:

$$\frac{(5000 \times 100) + (3000 \times 200)}{5000 + 3000} = 137.5$$

É preciso ter em consideração que, se os agentes na fila de *backup* têm menos formação ou equipamento para atenderem chamadas *overflow* (em excesso), o seu AHT certamente será maior que o AHT dos agentes da fila original. Neste caso, uma melhor abordagem será determinar a capacidade máxima da duração das chamadas de cada fila (por exemplo, o *software EasyErlang*, que irá ser mencionado na secção 5.6 calcula a capacidade máxima e a capacidade adicional necessária para corresponder aos períodos de carga máxima), e o número estimado de chamadas *overflow* (em excesso). Usar, então, o mesmo método de médias ponderadas para calcular os recursos e a performance da fila de *backup* nos períodos de carga máxima.

## 5.5 Exemplo de *Software* baseado no modelo *Erlang*

Nesta secção demonstramos um exemplo com base no *software EasyErlang* (sendo já uma adaptação do modelo *Erlang* teórico)

Como visto anteriormente, num *Call Center* bem organizado e desenhado, algumas chamadas, especialmente durante o período de carga máxima, são colocadas em fila de espera. O primeiro passo em calcular os níveis de recursos é estabelecer um objectivo do nível de serviço. Calculando o nível de recursos para suportar esse objectivo, é um processo iterativo e é mais fácil de determinar usando um programa de *software Erlang C* ou uma folha de cálculo.

A maioria dos *softwares* irão dar um número inteiro de agentes como resposta. Isto faz sentido, pois não podemos empregar, digamos, meio agente. No entanto, podemos colocar um agente, metade do tempo. Assim, quando um *software* precisar de colocar 17.4 agentes duante meia hora, devemos colocar 17 agentes durante 18 minutos e 18 agentes durante 12 minutos. Com 17 agentes estamos abaixo no nível de serviço pretendido, com 18 estamos acima. Assim o “mau” nível de serviço durante 18 minutos é compensado pelo suficiente e necessário nível de serviço devido a usar 18 agentes.

Algo a ter em conta quando se usa *software* deste tipo é que a expressão “garbage in = garbage out” é bastante conhecida, e isto aplica-se muito bem ao modelo *Erlang*, pois devemos ter um cuidado e atenção especial com os parâmetros que colocamos de input no *software*. [2]

A Figura 5.3. abaixo representada mostra um *output* do *software EasyErlang Erlang C calculator*. [3]

O alvo do nível de serviço é definido como 95% das chamadas devem ser atendidas dentro de 30 segundos. O tempo máximo de espera é de 20 segundos, e após este tempo é assumido que os clientes abandonem a fila (esta adaptação do modelo *Erlang* já permite isto). O volume esperado de chamadas é de 230 chamadas por hora (CPH) e a duração média das chamadas (AHT) é 510 segundos.

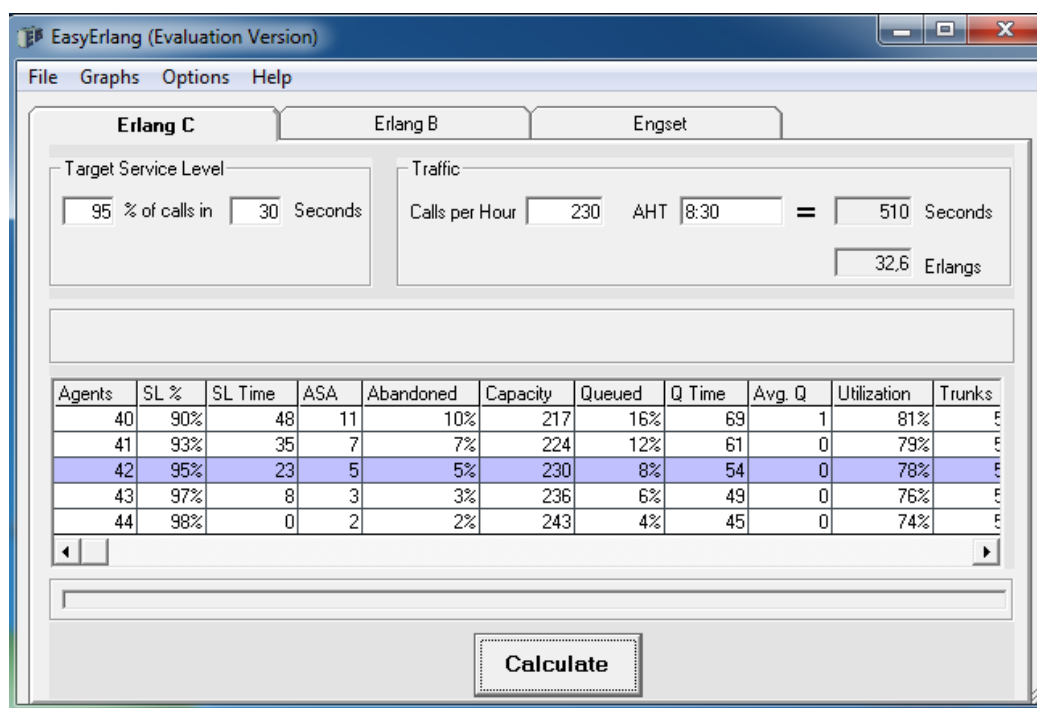


Figura 5.3. Exemplo de um output usando *software EasyErlang*

Assim, a calculadora *Erlang*, referida na Figura 5.3. mostra os seguintes parâmetros: [5]

*SL (Service Level)* – Actual percentagem de chamadas que irão ser atendidas dentro do objectivo estipulado. De notar que esta não é a percentagem de chamadas que irão ser atendidas dentro do tempo *ASA*.

*SL Time (Service Level Time)* – Tempo de resposta do actual nível de serviço. De notar que esta coluna não é o *ASA*.

*ASA (Average Speed of Answer)* – Tempo médio no qual todas as chamadas serão atendidas.

*% Abandoned* – é a percentagem de clientes que estão mais propícios a abandonar a chamada enquanto esperam na fila. Este número é calculado baseado no *Queue time*.

*Capacity* – Actual capacidade de atendimento de chamadas do *Call Center*. No exemplo temos que com 42 agentes conseguimos ter uma capacidade para processar todas as 230 chamadas por hora.

*Queued* – Percentagem de chamadas que não irão ser atendidas dentro do objetivo do nível de serviço (30 segundos, neste caso) e irão ser colocadas em fila de espera.

*Queue time* – o tempo médio que clientes irão estar em fila, enquanto esperam para receber serviço (medido em segundos).

**Nota:** Este é o tempo de serviço apenas das chamadas em fila de espera, sendo diferente do *ASA* que inclui todas as chamadas, em particular, chamadas atendidas dentro do objectivo de nível de serviço.

*Avg. Q (Average Queue Size)* – média do número de chamadas à espera na fila.

*Utilization* – Percentagem do tempo que o agente está ocupado a atender chamadas.

Portanto, usando a fórmula *Erlang C*, o *software* calcula o nível de serviço para diferentes combinações de agentes e linhas telefónicas. A linha em destaque na Figura 5.3. mostra que 42 agentes telefónicos irão corresponder ou exceder o objectivo do nível de serviço. De facto, esta equipa irá conseguir responder a 95% das chamadas dentro de 23 segundos, com um tempo médio de resposta (*ASA*) para todas as chamadas de 5 segundos. É possível observar que 5% dos clientes estão mais propícios a abandonar a fila antes de serem atendidos por um agente (o *EasyErlang* calcula o número de chamadas abandonadas baseado no número de clientes que irão esperar mais que o estipulado, neste caso 20 segundos). Vemos que a capacidade é de 230 chamadas por hora e que 8% dos clientes vão ser colocados em fila de espera, e esses 8% têm um tempo médio de espera de 54 segundos. Em média não temos nenhuma chamada na fila, esta média vai ser a média das chamadas em fila de espera, e como o *EasyErlang* devolve-nos este valor como um inteiro, ele virá arredondado, portanto este zero, é um valor inferior a 0.5 e foi arredondado para zero. É possível constatar que o *Avg. Q* está relacionado com o *SL Time* e com o *ASA*, pois quando

estes pioram, o Avg.  $Q$  está mais perto de 1, e assim sucessivamente. E por fim, os agentes irão estar ocupados 78% do seu tempo de trabalho.

Como os agentes provavelmente devem ser os recursos mais dispendiosos de um *Call Center*, uma equipa reduzida de 44 agentes consegue cumprir um generoso nível de serviço, respondendo a 93% das chamadas em 35 segundos, com um ASA de 7 segundos. De notar que uma modesta redução do número de agentes por 5%, ou seja para 43 agentes, irá ter um efeito profundo no nível de serviço, duplicando o valor do ASA.

## 5.6 Não linearidade

Nesta secção foi averiguado a existência de não linearidade num planeamento de *Call Center*.

Nos capítulos anteriores foi visto que métodos mais lineares não se adequam ao planeamento de um *Call Center*, por causa da distribuição estatística dos padrões das chegadas de chamadas e dos tempos de duração.

O comportamento estatístico destes factores também indica que mudanças na alocação de recursos irão ter um efeito não-linear nos níveis de agentes e nível de serviço. [5] **Por exemplo**, um aumento de agentes em 10% não irá ter uma melhora de 10% no ASA ou na duração da chamada de um cliente. Foi visto no **exemplo anterior**, através da Figura 5.3. que uma redução de 5% nos agentes iria duplicar o ASA.

O gráfico ilustrado na Figura 5.4. mostra a relação não-linear entre o nível de recursos e o ASA.

Quanto mais agentes o *Call Center* empregar, melhor o tempo médio de resposta (ASA), mas a melhora não é linear, e em algum ponto a adição de agentes tem apenas um impacto no ASA (e não, por exemplo, na utilização dos agentes).

Além disso, enquanto são adicionados agentes, a sua utilização, ou o tempo que eles gastam servindo os clientes, vai decrescendo, e sendo estas duas medidas inversas, quando o ASA melhora (isto é, quando temos um valor de ASA a decrescer) o valor da utilização dos agentes piora. Se o objectivo fosse ter uma taxa de utilização 100%, podíamos ter 1 agente e este era usado 100% pelo *Call Center*, mas isso não era produtivo, visto que todas as outras medidas, como ASA e nível de serviço iriam estar piores, então a solução é arranjar um ponto de equilíbrio onde já não compense adicionar mais recursos, pois não iriam trazer um impacto lucrativo para a empresa.

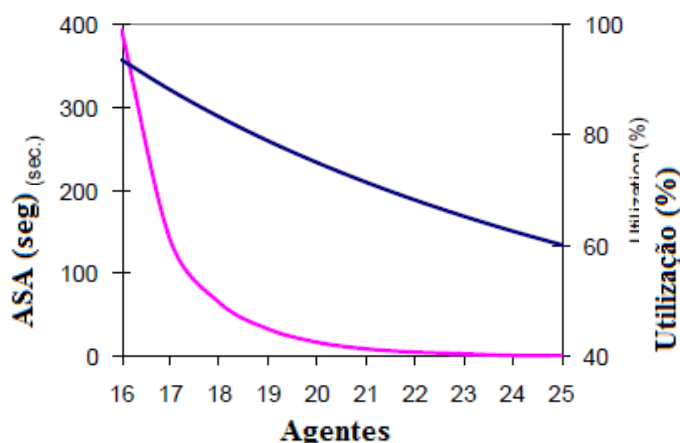


Figura 5.4. Gráfico que ilustra a relação entre os recursos (agentes) e o ASA



Conseguimos ver a mesma relação não-linear entre o nível de recursos e o tempo em fila de espera (*Queue time*). O gráfico ilustrado na Figura 5.5. mostra o impacto no *Queue Time*, isto é, o tempo médio que clientes esperam, por não receberem serviço imediato. Análise dos tempos de espera na fila é importante porque ajuda a perceber o abandono de chamadas.

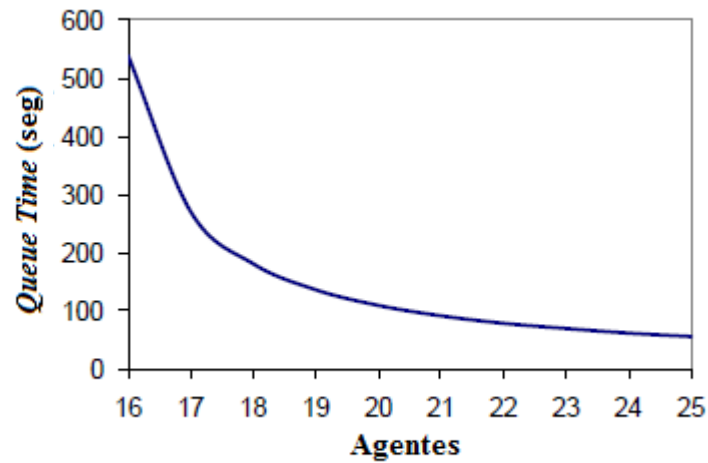


Figura 5.5. Gráfico que ilustra a relação entre os recursos (agentes) e o *Queue time*

## 5.7 Limitações dos modelos *Erlang*

Nesta secção enumeramos de seguida as limitações que o modelo *Erlang* possui, [6] tais como:

### 5.7.1 Chamadas abandonadas

Modelos *Erlang* foram criados na indústria telefónica e foram desenhados para lidar com quadros de recursos físicos, como os postos telefónicos. Assim, os modelos fundamentais de *Erlang* tomam algumas suposições relativamente às expectativas e comportamentos dos clientes que nem sempre correspondem ao mundo real. Por exemplo, o modelo base assume que as pessoas que ligam estão dispostas a esperar o tempo que for necessário para falar com um agente do serviço desejado. Na prática, claro, alguns clientes irão desligar o telefone assim que são colocados em espera, e outros irão abandonar a chamada após terem esperado um bocado na fila de espera.

Alguns clientes irão voltar a ligar após terem desligado, acreditando que isso poderá ser uma vantagem para ele. Estes comportamentos e padrões humanos irão mudar as actuais estatísticas das chamadas e a performance global do *Call Center*.

Assim, assume-se que clientes abandonem a chamada após terem esperado um certo tempo. O tempo que cada cliente está disposto a esperar varia de pessoa para pessoa. Mas, mesmo assumindo que não existe sobrecarga, *Erlang C* base assume que clientes nunca abandonam a chamada, e isto significa que:

***Erlang C* não nos pode dizer nada sobre taxas de abandono!**

### 5.7.2 Sobrecarga da capacidade dos agentes

Do mesmo modo, o modelo *Erlang* trata os servidores como recursos não-humanos. Ele assume que eles estão sempre disponíveis e a trabalharem na capacidade máxima. Enquanto isto é adequado para linhas telefónicas, um modelo confiável do *Call Center* deve contar com tempo de férias e período de baixa, assim como eventuais formações dos agentes, reuniões e outros tipos de trabalho, que podem fazer decrescer a utilização dos agentes em 15% ou mais.

*Erlang C* assume que a carga não excede a capacidade dos agentes. Se a carga exceder a capacidade dos agentes, então a fórmula do *Erlang C* não faz sentido, e pode dar níveis de serviço ou tempos de espera negativos. Isto é algo que se deve verificar no código do programa ou na folha de cálculo. Por exemplo, nos nossos testes, iremos ver no capítulo 8, dos resultados, que há o caso em que o *Erlang C*, com um volume de tráfego superior ao número de agentes dá resultados negativos, e na **simulação**, apesar do volume de tráfego ser superior, é possível obter valores para o nível de serviço, mesmo que seja próximo de 0%, mas como dissemos, a fórmula do *Erlang* está feita para receber a inserção de certos tipos de valores, e relembrando a filosofia “*garbage in*” = “*garbage out*”, se não inserirmos o que é suposto, a fórmula *Erlang* não faz sentido. Se ocorrer uma sobrecarga, então no mundo real tem de haver algum tipo de “válvula de segurança” que remova algumas das chamadas do sistema. Esta “válvula de segurança” pode ter várias formas, e há *alternativas* para o *Erlang C* que podem ser usadas para analisar algumas delas.

### 5.7.3 Tamanho de Fila de espera limitado

O modelo base do *Erlang* também assume que o *Call Center* tem capacidade ilimitada na fila de espera. Na prática filas de espera são limitadas, e quando o sistema é sobrecarregado, excedendo as suas capacidades de fila, clientes irão receber um sinal de ocupado ou irão ser ligados a um serviço de *voice mail*. Sistemas de *Automatic Call Distribution (ACD)* podem adoptar várias estratégias para baixar a probabilidade disto acontecer, por exemplo, transmitindo as chamadas para outro grupo de agentes.

Há um número máximo de chamadas que são permitidas ficarem à espera. Se uma nova chamada chega para se descobrir que o número máximo permitido de chamadas já está em espera, então não é permitido à nova chamada juntar-se à fila, e é perdida. Assume-se que chamadas perdidas não são tentadas de novo.

### 5.7.4 Tempo de espera limitado

Aqui não há limite no número de chamadas que podem estar na fila, mas há um tempo máximo que uma chamada é permitida esperar. Alguma chamada que não seja atendida após ter esperado este tempo máximo é removida da fila e perdida. Outra vez, assume-se que chamadas perdidas não são tentadas de novo.

Existem várias adaptações do modelo base *Erlang* para resolverem alguns destes problemas, especialmente o problema da fila de espera infinita.

No entanto, por causa da complexidade deste tema e da falta de uma abrangente base teórica e prática, estas versões especiais devem ser usadas com sensibilidade. Em grandes *Call Center*, onde aproximações e arredondamento de erros pode resultar em números significantes, a **simulação** pode oferecer um bom substituto ou um método de análise complementar.

### 5.7.5 *Erlang* assume que a taxa de chegadas de chamadas é constante

Uma das limitações do *Erlang C* é este assumir que a taxa de chegadas de chamadas é *constante*. Isto não significa que as chamadas chegam em intervalos regulares, significa que as chamadas chegam aleatoriamente numa taxa estável.

Vamos já de seguida verificar que isto é uma limitação. (Já em **simulação**, é possível variar as taxas para vários períodos do dia).

Os planeamentos e medidas em *Call Centers* são usualmente baseados em intervalos de 30 minutos. Então se pegarmos num intervalo de 30 minutos, vamos observar qual será o efeito de fazer a média de *chamadas = taxa* nesse intervalo.

Vamos começar com o caso, como mostra a Figura 5.6 representada na página seguinte, ou seja tendo uma taxa estável de 300 chamadas por meia hora, com duração média de 180 segundos e um objectivo de nível de serviço de atender 80% de chamadas dentro de 15 segundos, o *Erlang C* diz-nos que são precisos 35 agentes para alcançar isto e que o actual nível de serviço com 35 agentes irá ser de 80%.

EasyErlang (Evaluation Version)

File Graphs Options Help

Erlang C Erlang B Engset

Target Service Level  
 % of calls in  Seconds

Traffic  
 Calls per Hour  AHT  =  Seconds  
 Erlangs

Agents	SL %	SL Time	ASA	Abandoned	Capacity	Queued	Q Time	Avg. Q	Utilization	Trunks
33	60%	37	31	40%	562	51%	60	5	91%	5
34	71%	23	18	29%	581	40%	45	3	88%	5
35	80%	13	11	20%	600	30%	36	2	86%	5
36	86%	4	7	14%	618	23%	30	1	83%	4
37	91%	0	4	9%	637	17%	26	1	81%	4

Calculate

Figura 5.6. Exemplo com *software EasyErlang*

Agora vamos ver o que acontece se não tivermos uma taxa estável de 300 chamadas por meia hora, mas sim, aumentando de 250 chamadas por meia hora para 350 chamadas por meia hora dentro do mesmo intervalo de tempo. A taxa média de chamadas para o intervalo é ainda de 300 chamadas por meia hora. Se usarmos o *Erlang C* para analisar o que acontece minuto por minuto no intervalo, veremos os resultados mostrados no gráfico da Figura 5.7. abaixo representado. No global, o nível de serviço é de 69% comparado com o 80% que seria de esperar.

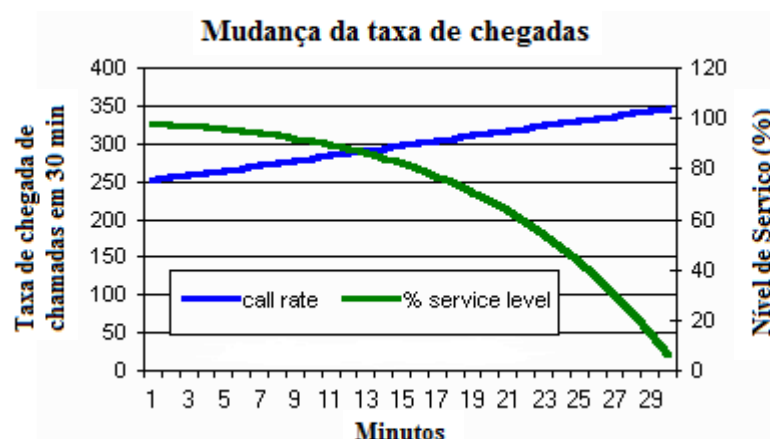


Figura 5.7. Gráfico que mostra a relação entre o SL e a taxa de chegadas não constante durante 30 min

Como a taxa de chamadas obviamente varia durante o dia, o erro descrito na página anterior é importante. O erro surge por usar uma taxa média de chamada sobre um intervalo de tempo quando a taxa de chamadas está a mudar. Este problema não está confinado para quem use o *Erlang*, pois mesmo em **simulações** este erro irá estar sempre presente, mesmo que de forma mínima. O uso de intervalos de 15 minutos para o ACD é uma das maneiras de reduzir o problema, mas mesmo assim isto não elimina por completo o problema.

Uma das questões que se levanta é como calcular os recursos para um volume de chamadas variável?

Um volume de chamadas num *Call Center* típico varia, por exemplo de hora em hora e de dia para dia. A abordagem comum que é usualmente aplicada pelos gestores do *Call Center* é de calcular os recursos separadamente para o máximo período de carga e para o menor período de carga. Uma calculadora de *Call Center* pode estimar os níveis de serviço para estes períodos, mas qual é o nível de serviço total diário para o *Call Center* inteiro?

Para calcular o nível de serviço combinado para vários níveis de carga, mais uma vez, não se pode simplesmente fazer a média dos níveis de serviço individuais.

Cada nível de serviço terá de ser calculado considerando o total de chamadas oferecidas e o número de clientes que experienciaram cada nível de serviço. Esta abordagem vai ser muito parecida com a vista anteriormente (secção 5.4.2) para o cálculo do *AHT* (duração média de chamadas) para diferentes filas.

Ou seja, usando como exemplo as seguintes estatísticas representadas na Tabela 5.2:

Período	P1	P2	P3
Chamadas oferecidas	200	500	300
Nível de serviço	89%	91%	84%

Tabela 5.2. Exemplo de três períodos com determinado número de chamadas e respectivas durações

O cálculo do nível de serviço com base nos valores da Tabela 5.2 e usando médias ponderadas é:

$$\frac{200}{1000} \times 89\% + \frac{500}{1000} \times 91\% + \frac{300}{1000} \times 84\% = 86.3\%$$

Este método também ajuda a garantir que o *Call Center* atinge o objectivo do nível de serviço sem colocar agentes a mais (*over-staffing*).

**Por exemplo**, considerando um *Call Center* com uma média de 500 chamadas por hora durante o período de carga máxima e com 280 chamadas por hora durante o resto do dia. Colocando recursos para o período de carga máxima, assumindo um objectivo de nível de serviço de 80% em 20 segundos, irão ser preciso 30 agentes. Colocando recursos para o período mais suave do dia, serão precisos 18 agentes. Como a Tabela 5.3 (ver fila 1) da página seguinte nos mostra, quando os recursos são colocados devidamente, o nível de serviço em cada um dos dois períodos, assim como no nível de serviço diário (total), excedem o objectivo do nível de serviço.

	Período I		Período II		Período total diário
	Recursos	Nível de serviço	Recursos	Nível de serviço	Nível de serviço
1	30	85,66%	18	85,14%	85,48%
2	29	78,13%	18	85,14%	80,65%
3	30	85,66%	17	75,05%	85,13%
4	31	90,77%	17	75,05%	85,13%
5	29	78,13%	19	91,42%	82,90%

Tabela 5.3. Exemplo de dois períodos com determinado número de recursos e respectivos níveis de serviço

Se reduzirmos um agente no período I fila 1, o nível de serviço desse período desce para 78 % (como na fila 2). Que não é significamente muito pior que o objectivo de nível de serviço estabelecido (80%) e é ainda tolerável, especialmente se o período de de carga máxima não for o período predominante.

A fila 3 mostra-nos o que acontece se decrementarmos o número de agentes no período mais suave. O impacto no nível de serviço durante esse período é mais significativo, no entanto o período total diário está ainda, acima do objectivo estabelecido.

Curiosamente, movendo um recurso que foi “salvo”, de um período para o outro, melhora o nível de serviço desse período, como esperado, mas o período total diário é pior que o conseguido usando alocação óptima. (ver fila 4 e 5)

Concluimos então que colocando recursos para condições de carga muito dinâmicas, enquanto se tenta manter o nível de serviço estipulado pode ser desafiador.

Como o exemplo mostra, este tipo de planeamento beneficia se houver um cálculo preciso do volume exacto das chamadas em cada período. No fundo, ao invés dos gestores do *Call Center* estarem preocupados em ajustarem os recursos para cada período de tempo do dia, eles deviam-se forçar em obter uma boa performance no total.

#### 5.7.6 Over-Staffing (recursos a mais)

Como na prática as chamadas algumas vezes são abandonadas, ou é imposto o tamanho da fila de espera, *Erlang C* tende a subestimar o nível de serviço que irá ser alcançado e a exagerar o número de agentes necessários para atingir o objectivo do nível de serviço. Esta tendência para colocar recursos a mais é um efeito real que tem sido observado em *Call Centers*, e alguns deles não irão mais usar *Erlang C* como modelo base para o seu planeamento.

### 5.7.7 Fluxo de chamadas

*Erlang C* assume que há apenas uma fonte de chamadas a ser tratadas por um único grupo de agentes. Em muitos *Call Centers* há múltiplos serviços a serem fornecidos e múltiplos grupos de agentes com possivelmente regras complexas para a sobrecarga ou para a partilha de chamadas entre grupos de agentes. Nestes casos não se aplica *Erlang C* e é necessário usar simulação para estimar a performance. Por outro lado, enquanto cada fonte de chamadas é tratada essencialmente por um único grupo de agentes, e sobrecarga de chamadas aconteça somente em situações extremas, então o *Erlang C* ainda pode ser usado como um guia de aproximação para a performance e o nível de recursos.

### 5.7.8 Prioridades

*Erlang C* assume que chamadas seguem o conceito *FIFO*, isto é, primeiro a chegar, primeiro a ser atendido. Usando algum tipo de esquema de prioridades pode, de facto, melhorar os níveis de serviço. Esquemas prioritários podem ser difíceis de justificar para quem faz a chamada (*caller*), e **simulação** é usualmente necessária para estimar a performance.

Assim, **resumindo** a informação que foi explicada neste e nos capítulos anteriores, é possível concluir que para fazer uma previsão (*forecast*) existem desafios, [2] pois previsão em *Call Centers* não é fácil por um número de razões, que vamos de seguida enumerar:

Previsões têm de ser detalhadas e precisas, isto é, as chamadas usualmente têm de ser atendidas num curto tempo de espaço, digamos, menos de 30 segundos. Para o “pico” de volume de chamadas coincidir com uma suficiente capacidade de agentes, uma vez que esta carga máxima varia durante o dia, nós não devemos somente estimar o volume de chamadas diário, mas sim especificá-lo até ao mais pequeno intervalo que nós definimos para os nossos horários, normalmente considera-se um período de 15 ou de 30 minutos.

Previsões depende de vários factores (uns conhecidos, outros não), pois evidentemente, dado o que se disse anteriormente, previsões dependem da hora do dia. Elas também dependem do dia da semana, e das flutuações anuais. Mas infelizmente há mais, como por exemplo, feriados, condições meteorológicas, etc, podem causar grande impacto. Alguns são conhecidos pelos gestores previamente, outros não.

Há de facto muitas dependências entre volumes de chamadas em diferentes horas do dia. Por exemplo, quando o volume de chamadas é alto no início do dia, a experiência mostra que irá ser assim alto durante as restantes horas do dia. Isto significa que existe uma positiva correlação entre o volume de chamadas em diferentes periodos do dia.

### 5.7.9 Alternativas

Devido às limitações enumeradas nas secções anteriores, uma das alternativas ao modelo *Erlang C* proposto neste trabalho foi recorrer a **simulação computacional**, onde iremos entrar em detalhe nos próximos capítulos, sendo o seguinte uma explicação de o porquê de usar simulação e depois sim, estaremos no capítulo onde resultados serão comparados e estudados.





## Capítulo 6

### Simulação

Neste capítulo fazemos uma introdução ao conceito simulação e explicamos o porquê de a usar, assim como as suas vantagens e desvantagens.

#### 6.1 Porquê simulação neste trabalho?

Simulação é, em geral, entendida como a “imitação” de uma operação ou de um processo do mundo real. A simulação envolve a geração de uma “história artificial” de um sistema para a análise das suas características operacionais.[9]

O comportamento de um sistema é estudado através de um modelo de simulação. Este modelo geralmente utiliza diversos parâmetros sobre a operação do sistema. Uma vez desenvolvido e validado, o modelo pode ser usado para investigar uma grande variedade de questões sobre o sistema. Mudanças no sistema podem ser simuladas a fim de prever o seu impacto no seu desempenho. A simulação pode também ser usada para estudar sistemas ainda na fase de concepção, antes que sejam efectivamente implementados. Assim, a simulação pode ser usada como uma ferramenta para predizer os efeitos de uma mudança em sistemas existentes e também como uma ferramenta de projecto para avaliar e validar o desempenho de novos sistemas.

Existem casos onde um modelo é baseado em formulações matemáticas.

Este modelo é, em geral, desenvolvido através de equações diferenciais, teoria de probabilidades, métodos algébricos, etc. Entretanto, muitos sistemas na vida real são tão complexos que os seus modelos matemáticos são muito difíceis de serem formulados ou utilizados. Nestes casos, utilizam-se as técnicas de simulação para “imitar” o comportamento do sistema num certo intervalo de tempo. A partir desta simulação, os dados são adquiridos como se um sistema real estivesse a ser observado. Estes dados podem então ser usados para estimar as medidas de desempenho do sistema.[8]

A maior disponibilidade de ferramentas de simulação, a crescente capacidade computacional e os avanços nas metodologias de simulação fizeram da simulação uma das técnicas mais usadas em tarefas de análise e desenvolvimento de sistemas.

Neste trabalho queremos fornecer uma visão de um possível modelo de simulação de um *Call Center*, destacando: os vários valores de entrada e tipos de dados típicos, os desafios da simulação e modelação e os valores de saída mais importantes. É necessário ter em consideração que tudo isto, pode ser usado no mundo real. A simulação permite incorporar algo que modelos estocásticos e outros modelos analíticos não permitem, mas obviamente só trará vantagens e respostas viáveis se for bem modelado.

Após o capítulo anterior, na secção das limitações do *Erlang C*, é possível concluir que este modelo é sensível à inserção de certo tipos de valores, e relembrando a filosofia “*garbage in*” = “*garbage out*”, se não inserirmos o que é suposto, a fórmula *Erlang* não faz sentido. Este modelo também não nos permite usar algum tipo de esquema de prioridades, que pode de facto, melhorar os níveis de

serviço. Esquemas prioritários podem ser difíceis de justificar para quem faz a chamada (*caller*), e simulação é usualmente necessária para estimar a performance.

Assim, o modelo base teórico do *Erlang*, quando aplicado a um *Call Center* de maior dimensão, poderá ser limitador. Portanto, nestas condições, o modelo *Erlang C* não se aplica, e é usualmente necessário utilizar, por exemplo como alternativa, a simulação para estimar a performance, pois esta é mais versátil e robusta (isto é, permite variabilidade e é insensível às suas mudanças) que a adaptação de um modelo *Erlang*. Na simulação, com base na repetição de resultados, é nos permitido adquirir maior conhecimento sobre o modelo a simular e sobre o processo de desenvolvimento do modelo para melhorias do sistema, identificando as variáveis mais importantes de um sistema e como elas interagem através do estudo dos sinais de entrada e das saídas resultantes.

Neste trabalho a ideia é poder tirar conclusões para qualquer valor de taxas (chegada e serviço), em vários períodos do dia, e comparar com a realidade, com base na simulação.

## 6.2 Vantagens e desvantagens da simulação

Nesta secção enumeramos as vantagens e desvantagens de se recorrer a uma simulação.[8]

A simulação é vantajosa quando ela “imita” com menor custo ou menos recursos o que acontece num sistema real. Os dados de saída de uma simulação devem corresponder directamente às saídas que seriam obtidas do sistema real. Em contraste com as técnicas analíticas, a simulação de modelos é “executada” ao invés de ser resolvida. Dado um conjunto particular de entradas, o modelo é executado e o comportamento do sistema é estudado. Este processo de alteração de variáveis do modelo resulta em um conjunto de cenários a serem avaliados.

### As principais vantagens da simulação são:

Novos equipamentos, arranjos físicos, sistemas de transporte, etc. podem ser testados antes de se investir recursos com as aquisições envolvidas.

O tempo pode ser comprimido ou expandido, permitindo que o fenómeno em estudo possa ser acelerado ou retardado.

### As principais desvantagens são:

A construção de modelos em programação requer um treino especial. Pode ser considerada uma “arte” que se aprende ao longo do tempo e que envolve o “bom” uso da experiência.[9]

Os resultados da simulação podem ser difíceis de interpretar. Como as saídas da simulação podem incluir variáveis aleatórias, não é trivial determinar se os resultados observados resultam de inter-relações efectivas das partes do sistema ou se são fruto da aleatoriedade do sistema.

A modelagem do sistema e a análise dos dados podem consumir muito tempo e muitos recursos. Por outro lado, economizar tempo e recursos na modelagem e na análise pode resultar em cenários insuficientes para atender os objectivos.

**Nota:** Na defesa do uso da simulação, as desvantagens acima citadas têm sido minimizadas através dos seguintes argumentos:

Muitos fornecedores de *softwares* têm desenvolvido pacotes com ferramentas que facilitam a análise dos dados de saída da simulação.

Os avanços nas plataformas computacionais permitem que a simulação seja realizada cada vez mais rapidamente.

***Figura abaixo mostra todo o processo de simulação para o modelo Erlang C: [4]***

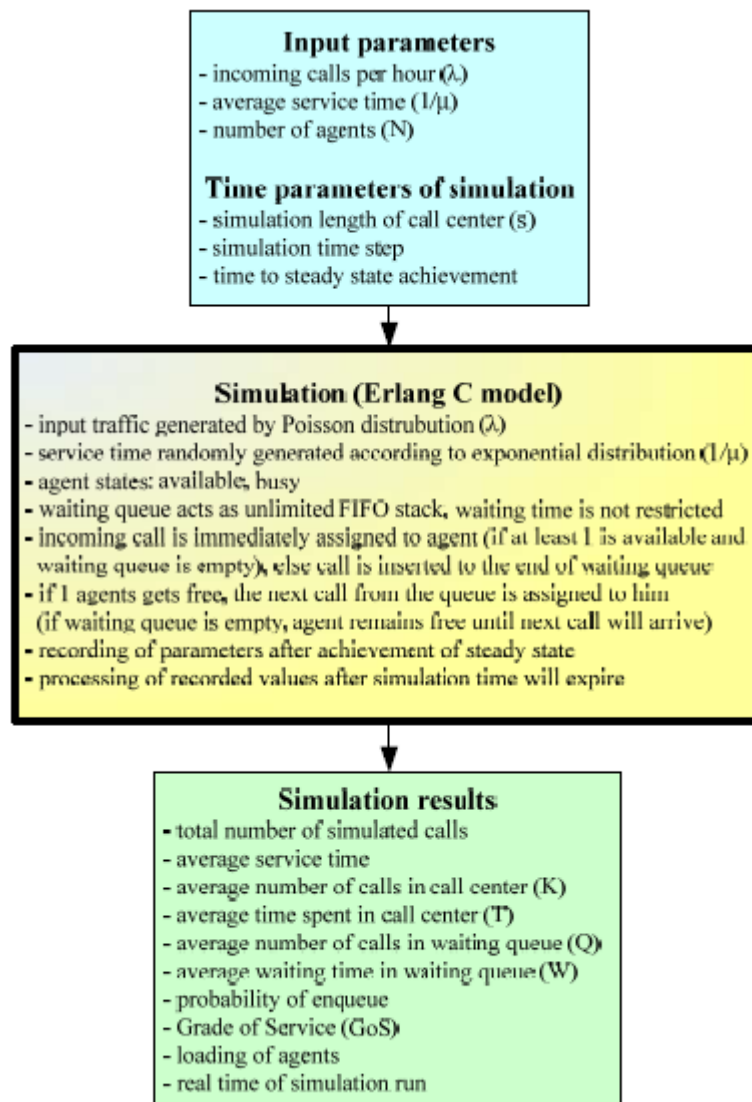


Figura 6.1. Exemplo teórico de um processo de simulação para o modelo Erlang C

A base do algoritmo simulado consiste basicamente em três blocos, sendo eles enumerados de seguida: [4]

- 1- Um conjunto de parâmetros de entrada
- 2- Simulações do tráfego
- 3- Processamento das medidas necessárias e o seu *output*

Os pontos 1 e 3 foram desenvolvidos com mais alguma informação. Assim, desenvolvendo o primeiro ponto “Um conjunto de parâmetros de entrada”, temos que os parâmetros base são os seguintes:

- Número médio de chegada de chamadas ao *Call Center* por unidade de tempo, i.e,  $\lambda$
- Média do tempo de duração das chamadas por um agente, i.e,  $1/\mu$
- Número de agentes,  $N$

O grupo de parâmetros de tempo consistem em:

- O tempo total de segundos do decorrer da simulação
- Tempo para estado estacionário

Agora, na fase três “Processamento das medidas necessárias e o seu output”, o algoritmo garante o processamento de todas as medidas necessárias durante a simulação (isto é, tempo que leva a gerar eventos, número de chamadas no sistema, ocupação dos agentes,... etc)

Assim, obtendo estes resultados através da simulação, podemos depois compará-los com os valores esperados, obtidos através do cálculo da fórmula matemática do *Erlang*.

As variáveis disponíveis no resultado do modelo simulado, normalmente são as seguintes:

- Tempo total (real) da duração
- Número de chamadas simuladas
- Tempo médio de serviço de uma chamada,  $1/\mu$
- Número médio de chamadas no sistema
- Tempo médio gasto na chamada, pelo cliente
- Número de chamadas colocadas na fila de espera
- Utilização média dos agentes,  $N$

Isto é a teoria, tendo na prática implementado, como mostra a Figura 6.2. seguinte, uma estrutura que simula basicamente o processamento de chamadas, sem ter em conta prioridades, seguindo a regra *FIFO* e ignorando também os abandonos por parte dos clientes.

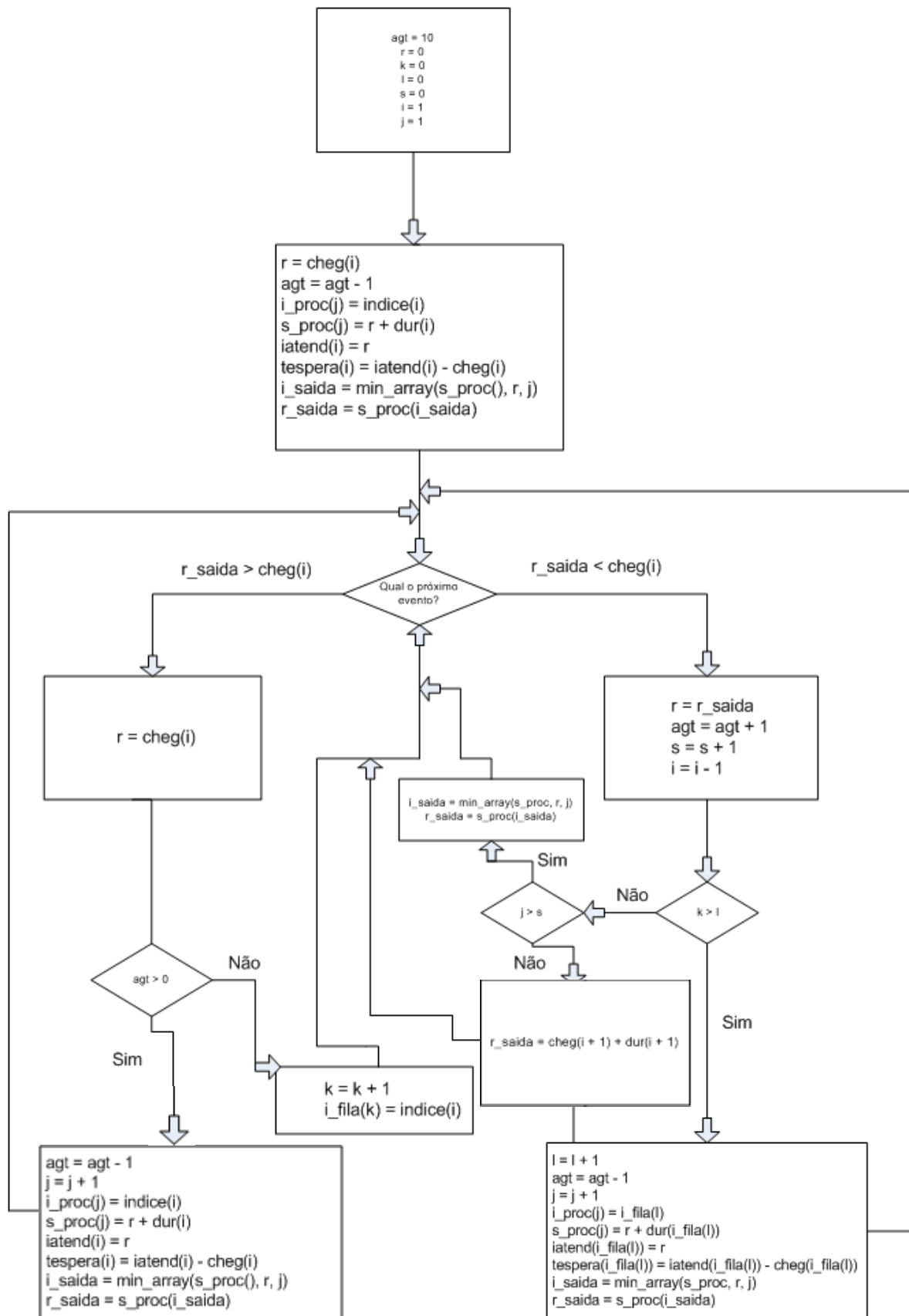


Figura 6.2. Exemplo de um algoritmo que simula o processo de simulação do modelo base Erlang C

Para explicar o funcionamento e estrutura deste algoritmo, primeiro descrevemos o que cada variável representa, então temos que:

**agt** - número de agentes na iteração

**r** – variável que guarda o tempo de cada chegada

**cheg** – variável que guarda o instante de chegada de clientes

**i\_proc** – variável que guarda o índice da sequência de processamento

**s\_proc** – variável que guarda as saídas de processamento

**iatend** – variável que guarda o instante que o cliente é atendido

**tespera** – variável que guarda o tempo de espera do cliente desde entrada no sistema até ser atendido

**i\_saida** - índice do instante mínimo de saída do processamento

**r\_saida** – instante da próxima saída

**i\_fila** - guarda os índices dos clientes que entram na fila

**k** – variável que conta quantos clientes entraram em fila

**l** – variável que conta quantos clientes saíram da fila

**i** - índice de entrada em sistema

**j** - índice de início de processamento

**s** - count de saídas de sistema

Portanto, este algoritmo, tendo em conta o número pré-estabelecido de agentes (**agt**) que vão estar na iteração e após guardar nas variáveis (**r**, **i\_proc**, **s\_proc**, **iatend**, **tespera**, **i\_saida** e **r\_saida**) os diversos valores, vai verificar qual é o próximo evento: se é uma chegada de um novo cliente ( $r\_saida > cheg$ ) ou se é a saída de processamento de um cliente que já tinha sido atendido ( $r\_saida < cheg$ ).

Se o próximo evento for a chegada de um novo cliente, estamos situados na parte esquerda do algoritmo. Assim é guardada na variável **r** o novo tempo de chegada e vamos verificar se ainda há agentes disponíveis, se sim há todo um processamento desse cliente. Caso não haja agentes disponíveis, o cliente vai então para a fila, seguindo o processo de *FIFO*. O código então continua, e vai verificar qual o próximo evento.

Se o próximo evento for a saída de processamento de um cliente que já tinha sido atendido, há, inicialmente, 4 acções que acontecem no código, sendo elas:

- É guardada na variável **r** o novo instante de saída desse cliente ( $r = r\_saida$ ),
- Incrementamos o número de agentes,
- Incrementamos a variável **s** (saídas do sistema),
- Decrementamos a variável **i**, senão estaríamos a saltar um processamento.

De seguida verificamos se há alguém em fila ( $k > l$ ), se sim incrementamos a variável **l**, pois um cliente é retirado da fila, e fazemos todo o processamento normal da chamada. Se não houver ninguém em fila verificamos de novo se há alguém em sistema ( $j > s$ ), se sim, guardamos na variável **i\_saida** o índice do instante mínimo de saída do processamento e na variável **r\_saida** o instante / momento da próxima saída e verificamos qual é o próximo evento, se não, guardamos na variável **r\_saida** o momento da próxima saída, que vai ser a chegada do próximo mais a sua duração e verificamos de novo, qual o próximo evento, e assim sucessivamente, simulando então um *Call Center* com base no modelo *Erlang* base.

No final, e isto vai ser visto em promenor no capítulo 8, de todo o processamento das chamadas em sistema, são gerados os valores (*outputs*) da simulação. As variáveis que considere para análise foram as seguintes:

- Número de agentes,  $N$ , precisos para atingir determinado nível de serviço,
- Tempo médio entre chegadas (em segundos),
- Número de chamadas simuladas,
- Número de chamadas em 1 minuto,
- Número médio de chegada de chamadas, por unidade de tempo, i.e,  $\lambda$
- Tempo médio de serviço de uma chamada,  $1/\mu$
- Nível de serviço
- Tempo média de espera do cliente, desde o momento em que entra no sistema até ser atendido,
- Tempo total (real) da duração



## Capítulo 7

### Linguagem de programação

Neste capítulo fizemos um breve resumo, da linguagem de programação usada no processo da simulação. [10]

#### 7.1 Visual Basic para Aplicações

Nesta secção explicamos brevemente alguns pormenores desta linguagem.

Foi usado o *Editor Visual Basic* para criar e modificar procedimentos e módulos no **Visual Basic para Aplicações (VBA)** da minha aplicação no *Excel*. O objectivo desta linguagem é a automatização de tarefas que envolvem objectos, que são no fundo um conjunto de códigos e dados que podem ser manipulados como uma unidade. Exemplos de objectos do *Excel* são gráficos, folhas de cálculos, formulários e imagens, entre tantos outros.

Cada ficheiro *Excel* pode conter um projecto VBA para o qual eu posso adicionar módulos e fórmulas. Quando acedemos ao visual Basic a partir de um objecto incorporado na folha de cálculo, surgem automaticamente linhas de código que caracterizam o evento mais usual em relação ao tipo de objecto invocado.

Em programação, todos os eventos são **procedimentos**, ou seja, blocos de código com uma sequência lógica, anexados entre duas instruções, *Sub* e a *End Sub* ou entre *Function* e *End Function*.

Assim, um procedimento, quando invocado, todo o código nele contido é executado, pelo que não é possível invocar apenas uma parte do mesmo.

Os procedimentos constituem a base de toda e qualquer linguagem de programação, uma vez que, para além de permitirem uma conveniente separação e agrupamento do código-fonte segundo a sua finalidade, dão a possibilidade ao programador de escrever o código apenas uma única vez, pois os procedimentos podem ser invocados a partir de procedimentos, módulos de programação e projectos diferentes. Um conjunto de procedimentos define um **módulo de programação** e um conjunto de módulos define um **projecto**.

#### Existem três tipos de procedimentos:

Procedimento de Evento (*Event-Procedures*)

Procedimento Sub (*Sub-Procedures*)

Procedimento de Função (*Function-Procedures*)

Os **Procedimento de Evento** (*Event-Procedures*) dizem respeito a acções reconhecidas por objectos (eventos). O programador não deve escrever directamente o código respeitante à declaração deste, mas sim utilizar as duas caixas de combinação existentes no editor do Visual Basic.

Os **Procedimento Sub** (*Sub-Procedures*) são procedimentos definidos pelo programador, que consistem num conjunto de instruções executadas sequencialmente com o objectivo de desempenhar uma tarefa específica. Este tipo de procedimentos pode aceitar argumentos, porém não retorna quaisquer valores para o procedimento que o invocou. São designados por procedimentos secundários, isto porque são normalmente chamados a partir dos procedimentos de evento.

#### Sintaxe de declaração dos procedimentos sub é:

```

Sub<Nome_Procedimento>([argumento1],[argumento2],[...])
    [instrução1]
    [instrução2]
    [...]
End Sub

```

Os **Procedimento de Função** (*Function-Procedures*) são procedimentos definidos pelo programador que executam tarefas e retornam um valor para o procedimento que o invocou. Aceitam argumentos de entrada e surgiram, numa primeira fase, da necessidade de realizar cálculos ou operações complexas impossíveis de concretizar através das funções intrínsecas do VBA. São simplesmente conhecidos por funções.

### **Sintaxe de declaração dos procedimentos de função é:**

```

Function <Nome_Função>([argumento1],[argumento2],[...])
    [instrução1]
    [instrução2]
    [...]
    <Nome_Função> = <Expressão>
End Function

```

A diferença entre a instrução *Sub* e a instrução *Function* é que o procedimento *Sub* não tem qualquer retorno de valores. Ambos procedimentos podem ter parâmetros de entrada com os seus tipos de variáveis definidos entre parênteses. Uma function deve também declarar após os parênteses qual o tipo de variável que vai retornar.

### **Exemplos:**

```

Sub MyProcedure( a As Double )
    ...
End Sub

```

----- //

```

Function MyProcedure( a As Double ) As Double
    ...
    ' O valor de retorno é escrito da seguinte maneira:
    MyProcedure = a + 5
End Function

```

**Módulo** é a janela de códigos onde são escritos os procedimentos.

**Macro** é uma sub-rotina (procedimento) que contem instruções.

Esta sub-rotina pode ser colocada para correr, através de um botão, no spreadsheet.

Os Macros são usados para eliminar a necessidade de se repetir passos comuns de tarefas já executadas.

Uma **macro** representa um conjunto de comandos e funções definido num módulo de programação, podendo ser executada sempre que pretendemos realizar uma tarefa específica e atingir um determinado objectivo. As macros estão para o Excel como um controlo remoto está para um televisor; podemos desfrutar de todas as potencialidades do programa sem recorrer ao *VBA*, porém, a utilização deste torna a vida mais conveniente e cómoda, além de permitir, em poucos segundos, a resolução de tarefas de maior complexidade que demorariam minutos ou até horas a completar como, por exemplo, o acesso a uma base de dados e sucessiva importação personalizada.

O *Excel*, em colaboração com o *VBA*, incorpora um processo bastante poderoso para a automatização do aplicativo, tendo sido o primeiro programa a ganhar e a conhecer a vantagem desta funcionalidade. O *VBA* pode, através deste processo, denominado por automação, comunicar e controlar o *Excel*, responsável por expor as suas capacidades através de uma definição de comandos e elementos – a biblioteca de objectos.

Existem dois tipos de macros – as **macros de comando** e as **macros de função**.

Ambas constituem procedimentos auto-declarados num módulo de programação. Porém, as suas definições, processos de obtenção e propósitos são completamente distintos.

Variáveis são posições na memória física que está no computador. O *VBA* tem vários tipos de variáveis para aguenta com vários tipos diferentes de dados. Os mais usados são: *Boolean* (Verdadeiro/Falso), *Char* (caracter), *Date* (Data e Tempo), *Double* (floating point number), *Integer*, *Object* (qualquer tipo), *String* (cadeia de caracteres), *Variant* (qualquer tipo).

Boolean	True (1) or False (0)
Integer	-32,768 to 32,767
Long	-2,147,483,648 to 2,147,483,647
Single	-3.402823E28 to -1.401298E-45 for negative values; 1.401298E-45 to 3.402823E38 for positive values
Double	-1.79769313486232E308 to -4.94065645841247E-324; 4.94065645841247E-324 to 1.79769313486232E308
Currency	-922,337,203,685,477.5808 to 922,337,203,685,477.5807
Date	January 1, 1900 to December 31, 9999
Object	Any object reference
String	Strings of length from 0 to about 65,535
Variant	Any numeric value up to the range of a Double, or any character text

Tabela 7.1. Tabela dos vários tipos de variáveis em *VBA*



# Capítulo 8

## Resultados

Neste capítulo explicamos todos os resultados e testes que foram feitos.

### 8.1 Criação de um primeiro algoritmo

Inicialmente foi criado um algoritmo em *VBA*, com intuito de simular o modelo *Erlang C* base. Nesta primeira abordagem, os tempos entre chegadas e os tempos de duração das chamadas foram simulados por uma uniforme, utilizando a função *rand()* no *Excel* e não dentro do próprio algoritmo em *VBA*.

Desta forma, como exemplo, gerámos no *Excel* tempos de chegada com valores entre 0 e 1, e tempos de duração entre 3 e 5 minutos.

Nesta primeira abordagem utilizando 10 agentes (e ainda usando a distribuição uniforme através do *Excel*) obtivemos um nível de serviço de 92% na simulação.

objectivo:	232
número de chamadas:	253
SL -->	92%

Tabela 8.1. Nível de serviço obtido com 10 agentes usando cálculo em *Excel*

O “objectivo” aqui denominado, é um cálculo simples dos tempos de espera, que calcula quais são inferiores a 30 segundos, e neste caso das 253 chamadas, 232 chamadas esperaram menos de 30 segundos.

De seguida comparámos o modelo base *Erlang C* com a primeira abordagem da simulação representada na Tabela 8.1, e assim, usando *Excel* e com base em fórmulas matemáticas, o modelo *Erlang C* originou os seguintes valores (*para 10 agentes*):

Tempo entre chegadas	0,507126311	>>> a cada meio minuto (30 sec) chega uma chamada			
Taxa média entre chamadas ( $\lambda$ )	0,032864922		Tempo médio duração ( $T_s$ )	250	
Intensidade tráfego ( $u$ )	8,216230508		ocupação agentes ( $p$ )	0,821623051	
Número agentes ( $m$ )	10		Average speed of answer (seconds) (average waiting time)	64,349062	
Exemplo	Erlang	0,459135575			
	SL estimado	62,9337036			
Cálculos auxiliares	0,507126311				
	1,971895322	>>>> número de chamadas que chegam em 1 unidade de tempo			

Tabela 8.2. Nível de serviço obtido com 10 agentes usando fórmulas matemáticas do modelo *Erlang C*

A diferença neste resultado face ao da Tabela 8.1. poderá dever-se ao facto de o programa, nesta altura, ainda ter falhas e melhorias a serem feitas, pois não estava ainda pronto para qualquer situação, por exemplo, até podia não estar a contar alguns tempos de espera, ou a processar bem os clientes que estavam em fila.

O passo seguinte foi gerar valores com base na **distribuição exponencial**. (Os seguintes valores são médias dos valores gerados com a distribuição uniforme).

Simulámos o funcionamento de um *Call Center* supondo que:

- Os clientes chegam à fila de acordo com um processo de *Poisson* de taxa  $\lambda$ .
- O tempo de serviço é exponencial com taxa  $\mu$ . O serviço funciona até que o último cliente seja servido.

Neste caso, considerámos então  $\lambda = 30.42757865$ , ou seja que o tempo médio entre as chamadas (em segundos) é de 1/30 segundos aproximadamente.

E que a taxa de serviço é  $\mu = 250$ , ou seja que a duração média do tempo esperado de serviço é de 1/250 segundos.

Considerámos estas taxas fixas, mas futuramente a ideia é poder tirar conclusões para qualquer valor de taxas, em vários períodos do dia, e comparar com a realidade, com base na simulação.

Aqui a estrutura é parecida à primeira, a principal diferença está na simulação das variáveis, pois agora, já são geradas com base na distribuição exponencial e já a partir do código em *VBA* e não a partir do *Excel*.

Foi também programado para a simulação escrever no *Excel* várias iterações do mesmo código, para depois fazer médias e comparar com o modelo *Erlang C*.

Foi colocado um ciclo que vai incrementando os agentes, e dentro desse ciclo, um outro ciclo que efectua para esse número de agente(s), um “c” número de iterações.

Para primeira tentativa colocámos o programa a correr até 10 agentes, e em cada iteração dos agentes, foi posto a correr 10 iterações de 2000 entradas (que equivaleu aqui a aproximadamente 16h19 min), sendo então calculadas as médias necessárias para comparar com o modelo *Erlang C*.

Agentes	Tempo médio entre chegadas (em seg)	nº chamadas em 1 minuto (60 seg)	Taxa média de chamadas ( $\lambda$ ) por seg	Média duração	Service Level	Tempo médio de espera das "c" iterações
1	30.11784507	1.992796197	0.03321327	249.7440242	0.07%	219043.4288
2	30.737992	1.952583373	0.032543056	248.9129225	0.12%	93974.18503
3	30.52163858	1.96710373	0.032785062	252.089053	0.20%	53770.62143
4	30.31785525	1.979875353	0.032997923	250.0130774	0.32%	32199.07171
5	30.32045513	1.979640422	0.032994007	247.5259742	0.61%	19027.27003
6	30.58572251	1.962356843	0.032705947	250.8133172	0.70%	11298.12324
7	30.53670453	1.966190783	0.032769846	248.468264	1.72%	4919.991684
8	30.54700392	1.965017542	0.032750292	249.5372343	7.95%	1313.956373
9	30.89411417	1.942771971	0.032379533	249.102917	40.40%	170.948312
10	30.53269719	1.966622849	0.032777047	246.692211	67.22%	51.85545904

Tabela 8.3. Output gerado pela simulação, que nos dá nível de serviço

É possível constatar na Tabela 8.3. uma evolução exponencial no *Service Level*, à medida que o número de agentes é incrementado.

**Gráfico da evolução do Service Level até 10 agentes:**

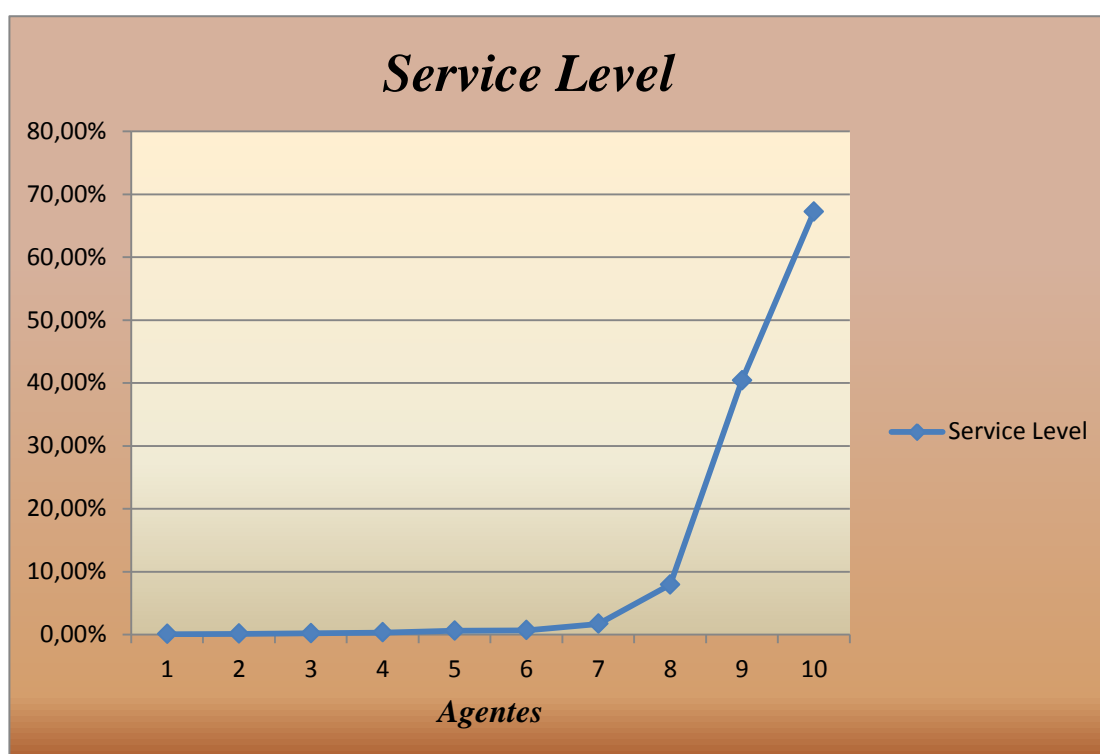


Figura 8.1. Gráfico da evolução do Service Level até 10 agentes

Pode-se constatar, ao observar a Figura 8.1 que existe de facto, um crescimento exponencial.

Por exemplo, a Tabela 8.4 mostra-nos um output de 10 iterações para um bloco de  $a = 10$  agentes.

Iterações	Tempo médio entre chegadas (em seg)	nº chamadas em 1 minuto (60 seg)	Taxa média de chamadas ( $\lambda$ ) por seg	Média duração	Service Level	Tempo médio de espera (de cada iteração)
1	30.43526908	1.97139706	0.032856618	256.1526958	50.30%	121.0454968
2	30.23318079	1.984574512	0.033076242	245.195658	67.75%	53.15797925
3	30.47592235	1.968767321	0.032812789	242.6029597	73.10%	38.17805005
4	31.50670394	1.904356613	0.031739277	237.1252148	79.70%	17.09893566
5	29.96439721	2.002376339	0.033372939	252.391647	61.55%	62.18206876
6	29.41657306	2.039666547	0.033994442	241.6214809	62.25%	62.94265893
7	31.53910083	1.902400462	0.031706674	259.5673152	63.05%	62.39677976
8	30.83262047	1.945990937	0.032433182	248.6220193	71.70%	30.92507046
9	31.77284471	1.888405037	0.031473417	242.4946306	79.75%	22.67379873
10	29.15035947	2.058293657	0.034304894	241.1484885	63.00%	47.95375201

Tabela 8.4. Output de 10 iterações para um bloco de  $a = 10$  agentes.

E as médias de cada coluna da Tabela 8.4 vão dar os valores presentes na última linha da Tabela 8.3, pois é a linha com  $a = 10$  agentes.

Comparando estes resultados com o modelo *Erlang C*, é possível ver algumas semelhanças (mas só a partir de 8 agentes, pois o *Erlang C*, enquanto tiver uma intensidade de tráfego menor que o número de agentes, apresenta valores negativos).

Por exemplo, *para 1 agente*:

<b>Agentes = 1</b>					
	Tempo médio entre chegadas	30,11784507	>>> a cada meio minuto (30 sec) chega uma chamada		
	Taxa média de chamadas ( $\lambda$ ) por seg	0,03321327		Tempo médio duração (Ts)	249,7440242
	intensidade trafego (u)	8,294815695		Ocupação agentes (p)	8,294815695
	Número agentes (m)	1		Average speed of answer (seconds) (average waiting time)	-283,979848
	convém ter m > u				
	Exemplo	Erlang	8,294815695		
		SL estimado	-1892,361694		
	Cálculos auxiliares				
		30,11784507			
	(60 seg)	1,992174402			

Tabela 8.5. Nível de serviço obtido com 1 agente usando fórmulas matemáticas do modelo *Erlang C*

Observamos com auxílio da Tabela 8.5 que para este nível de chamadas, 1 agente não consegue dar conta do recado, daí obter com o modelo *Erlang C* valores negativos.

*Para 9 agentes:*

<b>Agentes = 9</b>					
	Tempo médio entre chegadas	30,89411417	>>> a cada meio minuto (30 sec) chega uma chamada		
	Taxa média de chamadas ( $\lambda$ ) por seg	0,032379533		Tempo médio duração (Ts)	249,102917
	intensidade trafego (u)	8,065836083		Ocupação agentes (p)	0,896204009
	Número agentes (m)	9		Average speed of answer (seconds) (average waiting time)	179,6706176
	convém ter m > u				
	Exemplo	Erlang	0,673784996		
		SL estimado	39,79095439		
	Cálculos auxiliares				
		30,89411417			
	nº chamadas em 1 minuto (60 seg)	1,942117507			

Tabela 8.6. Nível de serviço obtido com 9 agentes usando fórmulas matemáticas do modelo *Erlang C*

Pela Tabela 8.6 vemos que a partir de 9 agentes, já é possível retirar valores utilizando o *Erlang C*, e podemos constatar que a simulação (40,40%) deu um valor próximo ao do *Erlang C* (39,79%).

O *Erlang* apresenta quase sempre, resultados mais baixos, pois no fundo o *Erlang* é mais conservador. O *Erlang* tende sempre a colocar mais agentes do que realmente é necessário (*Over-Staffing*), daí o nível de serviço ser mais baixo do que na realidade poderia ser.

De notar também que o ASA no *Erlang* deu 179.67 segundos (sendo uma consequência do *Service Level* ser mais baixo) e na simulação deu 170.94 segundos.



**Para 10 agentes:**

<b>Agentes = 10</b>					
	Tempo médio entre chegadas	30,53269719	>>> a cada meio minuto (30 sec)	chega uma chamada	
	Taxa média de chamadas ( $\lambda$ ) por seg	0,032777047		Tempo médio duração ( $T_s$ )	246,692211
	intensidade trafego ( $u$ )	8,085842312		Ocupação agentes ( $\rho$ )	0,808584231
	Número agentes ( $m$ )	10		Average speed of answer (seconds) (average waiting time)	55,23764633
	convém ter $m > u$				
	Exemplo	Erlang	0,428605204		
		SL estimado	66,04037646		
	Cálculos auxiliares				
	nº chamadas em 1 minuto (60 seg)	30,53269719			
		1,965106444			

Tabela 8.7. Nível de serviço obtido com 10 agentes usando fórmulas matemáticas do modelo *Erlang C*

A Tabela 8.7. diz-nos que, neste caso, o *Erlang C* deu um valor de 66.04% e a simulação deu aproximadamente 67.22%, ou seja, está de novo muito próxima ao estimado pelo *Erlang C*. Aqui, o ASA deu 55.24 segundos e na simulação obtivemos 51.85 segundos.

Como até aqui os dados estavam a coincidir com os do modelo *Erlang C*, decidimos continuar a incrementar os agentes, desta vez de 11 até 30, como mostra a Tabela 8.8 para ver se continuava a coincidir com o modelo *Erlang C*, e até se a distância entre estes diminuía.

**Resultados da simulação:**

Agentes	Tempo médio entre chegadas (em seg)	nº chamadas em 1 minuto (60 seg)	Taxa média de chamadas ( $\lambda$ ) por seg	Média duração	Service Level	Tempo médio de espera das "c" iterações
1	30,11784507	1,992796197	0,03321327	249,7440242	0,07%	219043,4288
2	30,737992	1,952583373	0,032543056	248,9129225	0,12%	93974,18503
3	30,52163858	1,96710373	0,032785062	252,089053	0,20%	53770,62143
4	30,31785525	1,979875353	0,032997923	250,0130774	0,32%	32199,07171
5	30,32045513	1,979640422	0,032994007	247,5259742	0,61%	19027,27003
6	30,58572251	1,962356843	0,032705947	250,8133172	0,70%	11298,12324
7	30,53670453	1,966190783	0,032769846	248,468264	1,72%	4919,991684
8	30,54700392	1,965017542	0,032750292	249,5372343	7,95%	1313,956373
9	30,89411417	1,942771971	0,032379533	249,102917	40,40%	170,948312
10	30,53269719	1,966622849	0,032777047	246,692211	67,22%	51,85545904
11	30,11784507	1,992796197	0,03321327	249,7440242	78,79%	27,52312767
12	30,737992	1,952583373	0,032543056	248,9129225	91,30%	8,638550167
13	30,52163858	1,96710373	0,032785062	252,089053	95,01%	4,804890436
14	30,31785525	1,979875353	0,032997923	250,0130774	97,48%	1,980271637
15	30,32045513	1,979640422	0,032994007	247,5259742	99,26%	0,582681755
16	30,58572251	1,962356843	0,032705947	250,8133172	99,55%	0,33490155
17	30,53670453	1,966190783	0,032769846	248,468264	99,76%	0,188447874
18	30,54700392	1,965017542	0,032750292	249,5372343	100,00%	0,0082562
19	30,89411417	1,942771971	0,032379533	249,102917	100,00%	0,009455893
20	30,53269719	1,966622849	0,032777047	246,692211	99,99%	0,010786317
21	30,60469452	1,961517369	0,032691956	252,7686727	99,99%	0,006878455
22	30,42787553	1,973763631	0,032896061	248,2861235	100,00%	0,000978741
23	30,2608424	1,983346192	0,03305577	248,4903406	100,00%	0
24	30,4058048	1,974303471	0,032905058	251,1832731	100,00%	0
25	30,91972682	1,941558341	0,032359306	255,3005463	100,00%	0
26	30,30162321	1,980519195	0,033008653	248,8752286	100,00%	0
27	30,47190729	1,970307784	0,032838463	248,861073	100,00%	0
28	30,27894685	1,982332867	0,033038881	250,8889531	100,00%	0
29	30,18146077	1,988948915	0,033149149	250,1493507	100,00%	0
30	30,21328697	1,986336467	0,033105608	250,3216363	100,00%	0

Tabela 8.8. Output gerado pela simulação, que nos dá nível de serviço

***Gráfico da evolução do Service Level até 30 agentes:***

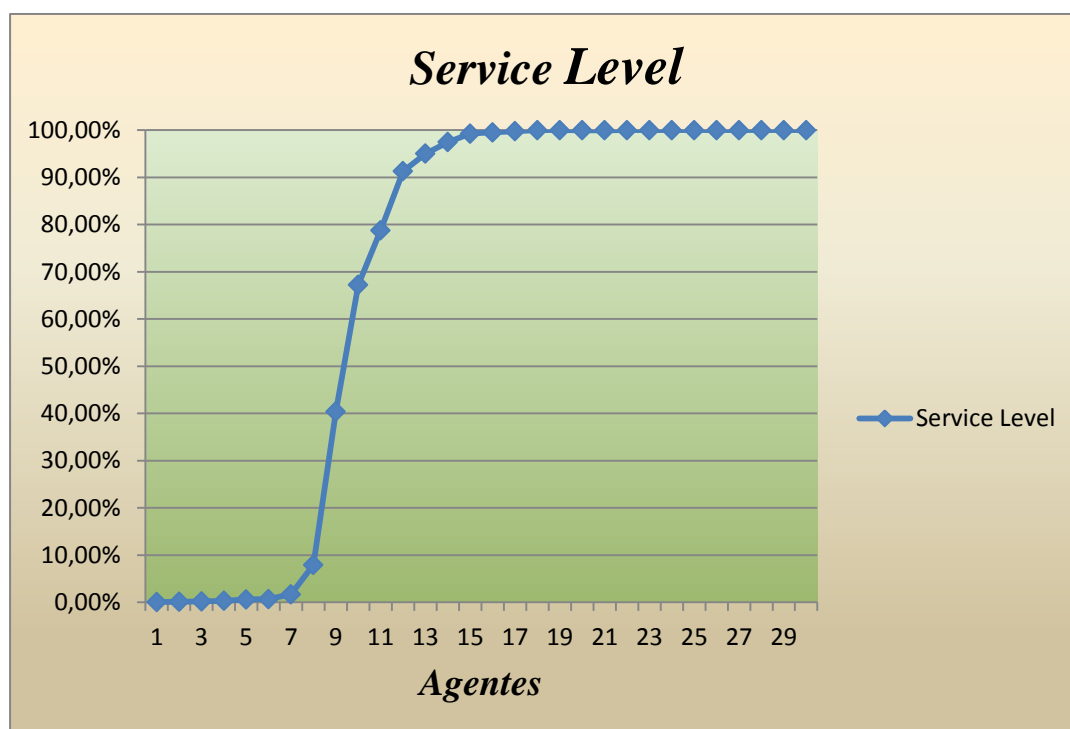


Figura 8.2. Gráfico da evolução do nível de serviço gerado pela simulação, até 30 agentes

Pode-se constatar, através da Figura 8.2 que existe de facto, um crescimento exponencial até atingir os 100%

Assim, temos para todos os 30 agentes o seguinte resumo, representado na Tabela 8.9.

**Resultados da simulação:**

Agentes	Tempo médio entre chegadas	Taxa média de chamadas ( $\lambda$ ) por seg	Intensidade trafego (u)	Tempo médio duração (Ts)	Ocupação agentes ( $\rho$ )
1	30,11784507	0,03321327	8,294815695	249,7440242	8,294815695
2	30,737992	0,032543056	8,100387229	248,9129225	4,050193615
3	30,52163858	0,032785062	8,264755276	252,089053	2,754918425
4	30,31785525	0,032997923	8,249912167	250,0130774	2,062478042
5	30,32045513	0,032994007	8,166873735	247,5259742	1,633374747
6	30,58572251	0,032705947	8,203087156	250,8133172	1,367181193
7	30,53670453	0,032769846	8,142266844	248,468264	1,163180978
8	30,54700392	0,032750292	8,172417378	249,5372343	1,021552172
9	30,89411417	0,032379533	8,065836083	249,102917	0,896204009
10	30,53269719	0,032777047	8,085842312	246,692211	0,808584231
11	30,11784507	0,03321327	8,294815695	249,7440242	0,754074154
12	30,737992	0,032543056	8,100387229	248,9129225	0,675032269
13	30,52163858	0,032785062	8,264755276	252,089053	0,635750406
14	30,31785525	0,032997923	8,249912167	250,0130774	0,589279441
15	30,32045513	0,032994007	8,166873735	247,5259742	0,544458249
16	30,58572251	0,032705947	8,203087156	250,8133172	0,512692947
17	30,53670453	0,032769846	8,142266844	248,468264	0,478956873
18	30,54700392	0,032750292	8,172417378	249,5372343	0,454023188
19	30,89411417	0,032379533	8,065836083	249,102917	0,424517689
20	30,53269719	0,032777047	8,085842312	246,692211	0,404292116
21	30,60469452	0,032691956	8,263502363	252,7686727	0,393500113
22	30,42787553	0,032896061	8,167635344	248,2861235	0,371256152
23	30,2608424	0,03305577	8,214039513	248,4903406	0,357132153
24	30,4058048	0,032905058	8,265200132	251,1832731	0,344383339
25	30,91972682	0,032359306	8,261348416	255,3005463	0,330453937
26	30,30162321	0,033008653	8,215036123	248,8752286	0,315962928
27	30,47190729	0,032838463	8,172215151	248,861073	0,302674635
28	30,27894685	0,033038881	8,289090294	250,8889531	0,296038939
29	30,18146077	0,033149149	8,292237994	250,1493507	0,285939241
30	30,21328697	0,033105608	8,287049911	250,3216363	0,276234997

Average speed of answer (segundos)	Erlang	SL pelo Erlang	SL pela simulação	Tempo médio de espera das "c" iterações
-283,979848	8,294815695	-1892,361694	0,07%	219043,4288
-265,0718305	6,49641165	-1255,144935	0,12%	93974,18503
-251,7689986	5,258071098	-883,846222	0,20%	53770,62143
-238,5482116	4,055023671	-575,2543907	0,32%	32199,07171
-234,4624654	2,999737809	-340,3272833	0,61%	19027,27003
-252,5812073	2,218615901	-188,7516277	0,70%	11298,12324
-336,1985487	1,545583524	-77,41448916	1,72%	4919,991684
-1550,194639	1,071104663	-9,35387159	7,95%	1313,956373
179,6706176	0,673784996	39,79095439	40,40%	170,948312
55,23764633	0,428605204	66,04037646	67,22%	51,85545904
27,04463387	0,292942821	78,83312395	78,79%	27,52312767
9,582806448	0,150129748	90,61683065	91,30%	8,638550167
4,982951191	0,093599833	94,67228181	95,01%	4,804890436
2,131177945	0,049015278	97,54144816	97,48%	1,980271637
0,82576871	0,022795918	99,00416571	99,26%	0,582681755
0,362768222	0,011277201	99,55620723	99,55%	0,33490155
0,133775764	0,00476902	99,83633358	99,76%	0,188447874
0,054223486	0,002135496	99,9344789	100,00%	0,0082562
0,01721232	0,00075552	99,9797532	100,00%	0,009455893
0,006277644	0,000303183	99,99288018	99,99%	0,010786317
0,003007112	0,000151522	99,9966582	99,99%	0,006878455
0,000839026	4,67433E-05	99,99912125	100,00%	0,000978741
0,000296714	1,76554E-05	99,99970378	100,00%	0
0,00010431	6,53423E-06	99,99990022	100,00%	0
3,20126E-05	2,09889E-06	99,99997064	100,00%	0
8,26669E-06	5,90749E-07	99,9999308	100,00%	0
2,11235E-06	1,59812E-07	99,9999835	100,00%	0
7,78703E-07	6,11782E-08	99,9999942	100,00%	0
2,09894E-07	1,73754E-08	99,9999985	100,00%	0
5,3889E-08	4,67435E-09	99,9999997	100,00%	0

Tabela 8.9. Tabela com a comparação dos níveis de serviço originados através da fórmula *Erlang C* com a gerada pela simulação, assim como os tempos de resposta, do *Erlang* e simulação.

E a respectivas representações gráficas dos níveis de serviço (Figura 8.3) assim como dos tempos de espera (Figura 8.4) entre os valores gerados pela simulação e os gerados pelo modelo *Erlang C*.

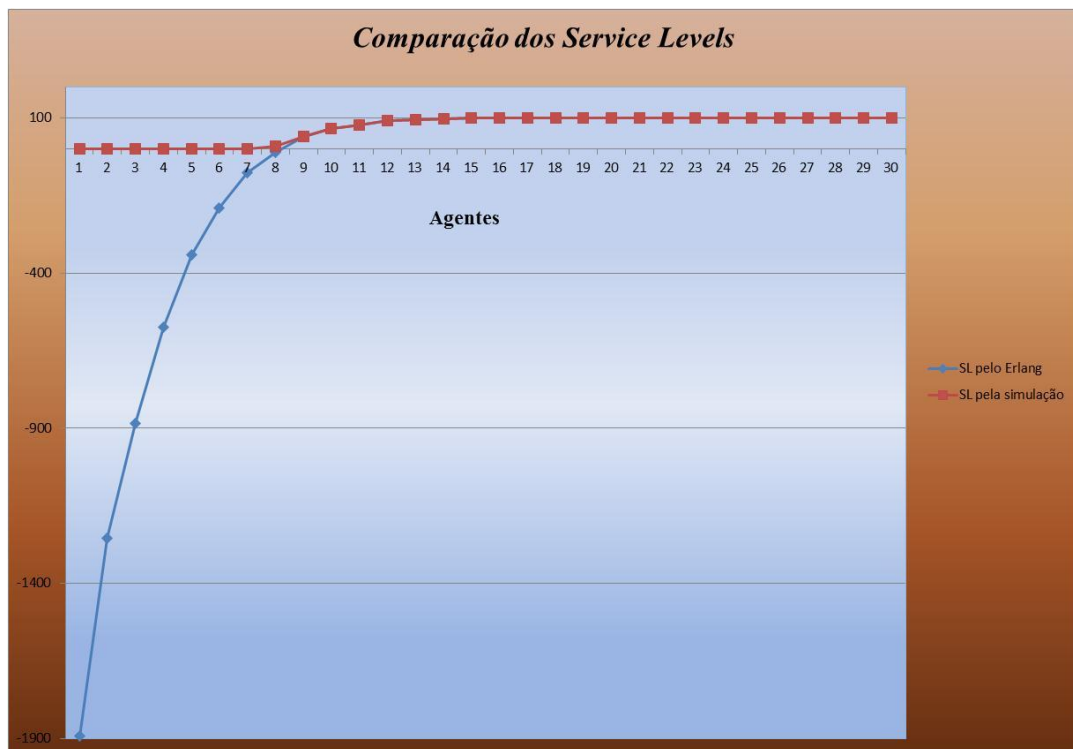


Figura 8.3. Representação gráfica com a comparação dos níveis de serviço com a fórmula do *Erlang* e com os valores gerados pela simulação.

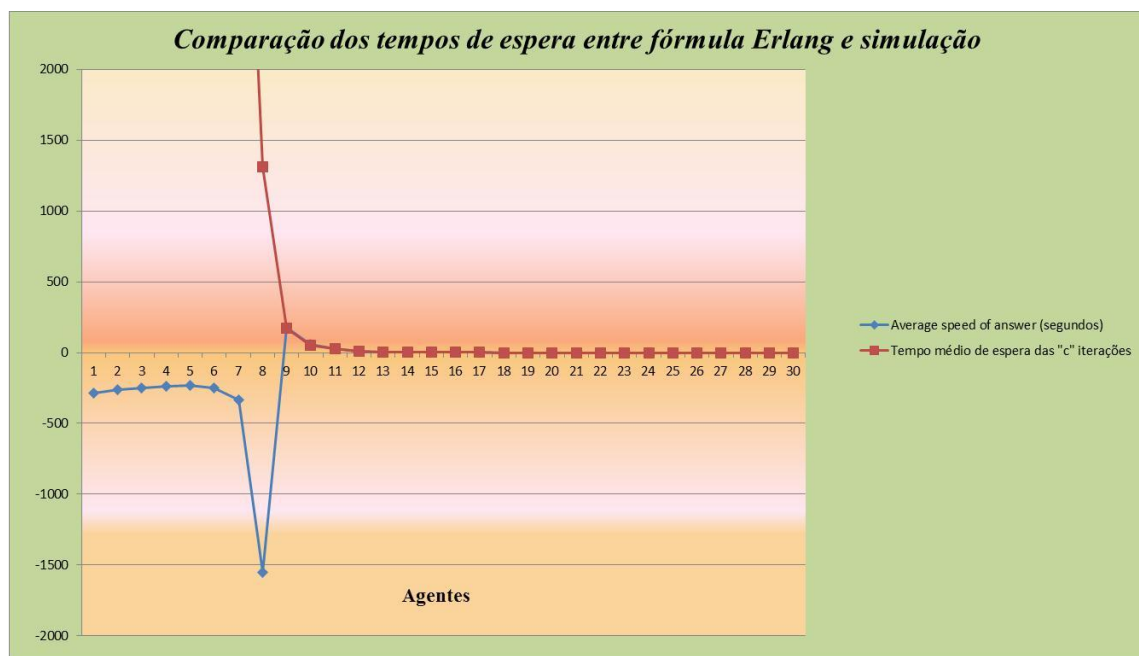


Figura 8.4. Representação gráfica com a comparação dos tempos médios de espera (ASA) da fórmula do *Erlang* com os tempos gerados pelas (iterações da) simulação.

A fórmula do *Erlang* permite que haja valores negativos, mas como referido no capítulo 5 secção 5.8.2, a vantagem da **simulação** é que, por muito baixos que sejam os valores (negativos até) a simulação "transmite" valores reais, mesmo que inconcebíveis para um *Call Center*, como por exemplo estar com nível de serviço perto de 0%. A mesma conclusão para os tempos médios de espera dos clientes, representados na Figura 8.4.

Podemos constatar pela Figura 8.3. que os níveis de serviço no *Erlang* só começam a ser maiores ou iguais a zero quando o número de agentes ( $m$ ) for maior que a intensidade de tráfego (sendo esta 8.06), até lá o *Erlang* dá valores negativos (já a simulação dá valores próximos de zero). No entanto, podemos afirmar que os valores gerados pela simulação estão bem próximos do modelo *Erlang C*. Os tempos de espera também, a partir dos 8 agentes, como mostra a Figura 8.4, estão idênticos entre a simulação e a fórmula do *Erlang*.

### ***Conclusão:***

Para estes valores gerados, numa situação real poderíamos então, com base na Tabela 8.9, considerar apenas 14 ou 15 agentes, pois já nos davam um nível de serviço de quase 100% (caso o pretendido fosse apenas algo superior ao objectivo estipulado, digamos 85%, então com 12 agentes já conseguíamos o objectivo estipulado).

**Estes resultados já estão bem próximos do modelo Erlang C, sendo agora possível, passar a outros desafios, nomeadamente prioridades.**

## 8.2 Inclusão de novas características no algoritmo

Neste passo, actualizámos o algoritmo para ter quase todas as variáveis definidas como vectores, e para admitir que os clientes só serão permitidos a entrar no sistema até um instante previamente fixado,  $T$ , (em segundos), considere apenas 1 serviço ( $h=1$ ), para comparar de novo o código com o *Erlang C*, (visto que o *Erlang* só recebe 1 serviço de cada vez) e concluir se está a dar conclusões parecidas, como visto anteriormente.

*De notar que agora já vamos trabalhar com serviços, e cada serviço vai ter 4 tipos de prioridades, e no final vamos verificar o Service Level para cada serviço, e não para cada prioridade. Neste caso, como só considero 1 serviço, este vai ter chamadas com várias prioridades (de 1 a 4) geradas aleatoriamente (o que não acontece na realidade, pois normalmente a cada serviço é atribuída uma e uma só prioridade, mas optei por simular deste modo, pois tendo 1 só serviço posso ainda assim incluir o conceito de prioridade no algoritmo).*

Para este serviço ( $h=1$ ), considerámos  $\lambda_1 = 30.42757865$ , ou seja que o tempo médio entre as chamadas (*em segundos*) é de 1/30 segundos aproximadamente.

Para a taxa de serviço considerámos,  $\mu_1 = 250$ , ou seja que a duração média do tempo esperado de serviço é de 1/250.

Considerando  $T = 45000$  (*segundos*), ou seja aproximadamente 12h30m, e gerando 5 iterações para cada bloco de agentes obtivemos como médias: (notar que  $h=1$ , mas futuramente é para ter isto para um  $n$  número de serviços).

### Resultados da simulação:

Agentes	Tempo médio entre chegadas (em seg)	nº chamadas em 1 minuto (60 seg)	Taxa média de chamadas ( $\lambda$ ) por seg	Média duração	Service Level	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 1
1	29,90061271	2,007334488	0,033455575	244,27223	0,08%	161648,2642
2	30,6651545	1,957332032	0,032622201	247,8534319	0,56%	68807,17387
3	30,24370821	1,984011365	0,033066856	254,0216856	2,78%	40048,75343
4	30,56509903	1,963629173	0,032727153	248,5194924	6,02%	22710,75467
5	31,16480815	1,927098691	0,032118312	249,972846	10,81%	14008,06496
6	30,17688032	1,988924688	0,033148745	251,3444742	14,96%	8708,68243
7	30,03882092	1,998492888	0,033308215	251,8903844	20,77%	4307,975118
8	30,08802462	1,994367432	0,033239457	247,8207967	28,45%	1251,778606
9	30,50397362	1,968289424	0,032804824	253,0748439	48,96%	277,5406496
10	30,21592595	1,988014407	0,033133573	250,0991094	70,02%	71,23832142
11	30,60905152	1,961544453	0,032692408	250,3851247	85,25%	19,97614059
12	30,72603087	1,953616226	0,03256027	251,9330008	92,07%	10,44817208
13	29,97610513	2,002962077	0,033382701	251,3134012	94,90%	7,386642475
14	30,02214165	1,999053069	0,033317551	252,3445605	97,13%	3,062952031
15	30,5818709	1,962590269	0,032709838	245,811301	99,24%	0,635928976
16	30,71669024	1,954463983	0,0325744	255,660947	99,54%	0,50158383
17	30,5849941	1,962154347	0,032702572	248,417097	99,72%	0,245674034
18	30,27539095	1,983047359	0,033050789	247,5353564	99,97%	0,02553059
19	29,90061271	2,007334488	0,033455575	244,27223	100,00%	0
20	31,27133659	1,919983514	0,031999725	250,1812848	100,00%	0
21	29,90061271	2,007334488	0,033455575	244,27223	100,00%	0
22	30,6651545	1,957332032	0,032622201	247,8534319	100,00%	0
23	30,24370821	1,984011365	0,033066856	254,0216856	100,00%	0
24	30,56509903	1,963629173	0,032727153	248,5194924	100,00%	0
25	31,16480815	1,927098691	0,032118312	249,972846	100,00%	0
26	30,17688032	1,988924688	0,033148745	251,3444742	100,00%	0
27	30,03882092	1,998492888	0,033308215	251,8903844	100,00%	0
28	30,08802462	1,994367432	0,033239457	247,8207967	100,00%	0
29	30,50397362	1,968289424	0,032804824	253,0748439	100,00%	0
30	30,21592595	1,988014407	0,033133573	250,0991094	100,00%	0

Tabela 8.10. Output gerado pela simulação, que nos dá nível de serviço

É possível constatar-mos pela Tabela 8.10 que o crescimento do nível de serviço é exponencial. Vamos de seguida, observar este crescimento graficamente.

**Respectivo gráfico da evolução do Service Level até 30 agentes:**

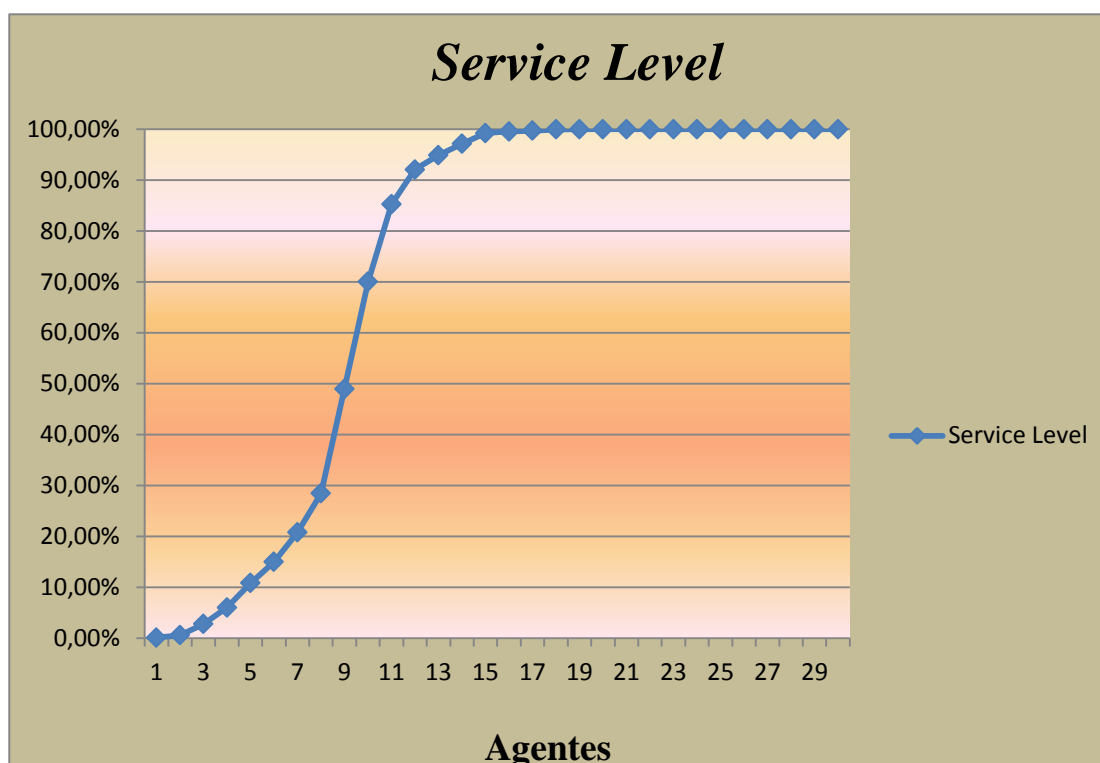


Figura 8.5. Gráfico da evolução do nível de serviço gerado pela simulação, até 30 agentes

Pode-se constatar, através da Figura 8.5 que existe de facto, um crescimento exponencial até atingir os 100%

No início, até sensivelmente 8 agentes o crescimento é moderado, sendo que de seguida, com o incremento de 5 agentes atinge-se, quase, um nível de serviço (*Service Level*) de 100%.

Esta forma de gráfico retrata uma função de distribuição acumulada (*t-student*).

Por exemplo, a Tabela 8.11 representada em baixo, mostra um output de 5 iterações para um bloco de  $a = 10$  agentes. (considerando  $h=1$  serviço, para ser possível comparar com o *Erlang C*)

Iterações	tempo médio entre chegadas de clientes com serviço 1 (em seg)	nº chamadas em 1 minuto (60 seg) de clientes com serviço 1	taxa média de chamadas ( $\lambda$ ) por seg de clientes com serviço 1	média duração de clientes com serviço 1	Service Level das chamadas com serviço 1	Tempo médio de espera dos clientes com serviço 1 (de cada iteração)
1	31,17014252	1,924919014	0,032081984	233,2773303	81,65%	29,58730083
2	28,44293273	2,109487111	0,035158119	257,3041334	56,12%	157,6590871
3	29,81479199	2,012423901	0,033540398	265,2052971	61,59%	66,63798388
4	31,14193431	1,926662596	0,032111043	245,6266561	75,64%	51,66836685
5	30,50982819	1,966579412	0,032776324	249,0821302	75,12%	50,63886847

Tabela 8.11. Output de 5 iterações para um bloco de  $a = 10$  agentes.

E as médias de cada coluna da Tabela 8.11 vão dar os valores presentes na linha da Tabela 8.10, com  $a = 10$  agentes.

E aqui outro output de 5 iterações para um bloco de  $a = 30$  agentes.

Iterações	tempo médio entre chegadas de clientes com serviço 1 (em seg)	nº chamadas em 1 minuto (60 seg) de clientes com serviço 1	taxa média de chamadas ( $\lambda$ ) por seg de clientes com serviço 1	média duração de clientes com serviço 1	Service Level das chamadas com serviço 1	Tempo médio de espera dos clientes com serviço 1 (de cada iteração)
1	31,17014252	1,924919014	0,032081984	233,2773303	100,00%	0
2	28,44293273	2,109487111	0,035158119	257,3041334	100,00%	0
3	29,81479199	2,012423901	0,033540398	265,2052971	100,00%	0
4	31,14193431	1,926662596	0,032111043	245,6266561	100,00%	0
5	30,50982819	1,966579412	0,032776324	249,0821302	100,00%	0

Tabela 8.12. Output de 5 iterações para um bloco de  $a = 30$  agentes.

E as médias de cada coluna da Tabela 8.12 vão dar os valores presentes na última linha da Tabela 8.10, pois é a linha com  $a = 30$  agentes.

Como as taxas utilizadas para  $\lambda$  e  $\mu$  foram iguais às iniciais, vamos verificar se a conclusão se mantém idêntica. Comparando estes resultados com o modelo *Erlang C*, é possível ver algumas semelhanças (mas só a partir de 8 agentes, pois o *Erlang C*, enquanto tiver uma intensidade de tráfego menor que o número de agentes, apresenta valores negativos).

#### Para 9 agentes:

Agentes = 9						
	Tempo médio entre chegadas	30,50397362	>>> a cada meio minuto (30 sec) chega uma chamada			
	Taxa média de chamadas ( $\lambda$ ) por seg	0,032804824		Tempo médio duração ( $T_s$ )		253,0748439
	intensidade tráfego ( $u$ )	8,302075647		Ocupação agentes ( $\rho$ )		0,92245285
	Número agentes ( $m$ )	9		Average speed of answer (seconds) (average waiting time)		271,9515314
	convém ter $m > u$					
	Exemplo	Erlang	0,749982075			
		SL estimado	30,95690605			
	Cálculos auxiliares					
		30,50397362				
	nº chamadas em 1 minuto (60 seg)	1,966956854				

Tabela 8.13. Nível de serviço obtido com 9 agentes usando fórmulas matemáticas do modelo *Erlang C*

Na Tabela 8.13 é possível constatar que já temos um nível de serviço (*Service Level*) positivo estimado pelo *Erlang* de 30,95% e na simulação obtivemos 48,96%. O ASA aqui deu 271,951 segundos e na simulação deu 277,54 segundos.



Assim, temos para todos os 30 agentes o seguinte resumo, representado na Tabela 8.14.

**Resultados da simulação:**

Agentes	Tempo médio entre chegadas	Taxa média de chamadas ( $\lambda$ ) por seg	Intensidade trafego (u)	Tempo médio duração (Ts)	Ocupação agentes (p)
1	29,90061271	0,033455575	8,172267863	244,27223	8,172267863
2	30,6651545	0,032622201	8,085524357	247,8534319	4,042762179
3	30,24370821	0,033066856	8,399698518	254,0216856	2,799899506
4	30,56509903	0,032727153	8,133335423	248,5194924	2,033333856
5	31,16480815	0,032118312	8,028705738	249,972846	1,605741148
6	30,17688032	0,033148745	8,331753831	251,3444742	1,388625639
7	30,03882092	0,033308215	8,390019027	251,8903844	1,198574147
8	30,08802462	0,033239457	8,237428767	247,8207967	1,029678596
9	30,50397362	0,032804824	8,302075647	253,0748439	0,92245285
10	30,21592595	0,033133573	8,286677211	250,0991094	0,828667721
11	30,60905152	0,032692408	8,185692539	250,3851247	0,744153867
12	30,72603087	0,03256027	8,203006636	251,9330008	0,683583886
13	29,97610513	0,033382701	8,389520201	251,3134012	0,645347708
14	30,02214165	0,033317551	8,407502803	252,3445605	0,600535914
15	30,5818709	0,032709838	8,040447789	245,811301	0,536029853
16	30,71669024	0,0325744	8,328001879	255,660947	0,520500117
17	30,5849941	0,032702572	8,123878113	248,417097	0,477875183
18	30,27539095	0,033050789	8,181238912	247,5353664	0,454513273
19	29,90061271	0,033455575	8,172267863	244,27223	0,430119361
20	31,27133659	0,031999725	8,005732371	250,1812848	0,400296619
21	29,90061271	0,033455575	8,172267863	244,27223	0,389155613
22	30,6651545	0,032622201	8,085524357	247,8534319	0,367523834
23	30,24370821	0,033066856	8,399698518	254,0216856	0,365204283
24	30,56509903	0,032727153	8,133335423	248,5194924	0,338888976
25	31,16480815	0,032118312	8,028705738	249,972846	0,32114823
26	30,17688032	0,033148745	8,331753831	251,3444742	0,32045207
27	30,03882092	0,033308215	8,390019027	251,8903844	0,310741445
28	30,08802462	0,033239457	8,237428767	247,8207967	0,294193885
29	30,50397362	0,032804824	8,302075647	253,0748439	0,286278471
30	30,21592595	0,033133573	8,286677211	250,0991094	0,276222574

Erlang	SL pelo Erlang	SL pela simulação	Average speed of answer (segundos)	Tempo médio de espera das "c" iterações
8,172267863	-1871,934043	0,08%	-278,3301088	161648,2642
6,482132393	-1253,984734	0,56%	-264,0066271	68807,17387
5,380119116	-917,9905591	2,78%	-253,1005985	40048,75343
3,958952367	-552,0392114	6,02%	-238,0345972	22710,75467
2,8991974	-317,0008645	10,81%	-239,2839344	14008,06496
2,300347597	-203,8530341	14,96%	-247,9591326	8708,68243
1,676935928	-97,88556892	20,77%	-303,8836355	4307,975118
1,098515842	-13,05474959	28,45%	-1146,596829	1251,778606
0,749982075	30,95690605	48,96%	271,9515314	277,5406496
0,476145816	61,2309677	70,02%	69,50450049	71,23832142
0,274541792	80,40408823	85,25%	24,42561156	19,97614059
0,161170776	89,74529935	92,07%	10,69378673	10,44817208
0,10283494	94,06911218	94,90%	5,60544666	7,386642475
0,056023964	97,11844514	97,13%	2,527912325	3,062952031
0,020106566	99,14008014	99,24%	0,71016367	0,635928976
0,012879438	99,47649442	99,54%	0,429193197	0,50158383
0,004664724	99,84030316	99,72%	0,130552198	0,245674034
0,002160183	99,93428152	99,97%	0,05445917	0,02553059
0,000879911	99,97672357	100,00%	0,019850684	0
0,000267364	99,99365444	100,00%	0,005576779	0
0,000130541	99,99729885	100,00%	0,002485828	0
4,03897E-05	99,9992504	100,00%	0,000719446	0
2,4831E-05	99,99955727	100,00%	0,000432019	0
5,0258E-06	99,99992597	100,00%	7,87191E-05	0
1,27907E-06	99,99998331	100,00%	1,88397E-05	0
7,63613E-07	99,99999073	100,00%	1,0863E-05	0
2,64543E-07	99,99999712	100,00%	3,58065E-06	0
5,3935E-08	99,99999951	100,00%	6,7634E-07	0
1,78156E-08	99,99999985	100,00%	2,17833E-07	0
4,6697E-09	99,99999997	100,00%	5,37867E-08	0

Tabela 8.14. Tabela com a comparação dos níveis de serviço originados através da fórmula *Erlang C* com a gerada pela simulação, assim como os tempos de resposta, de *Erlang e* simulação.

E a respectivas representações gráficas dos níveis de serviço (Figura 8.6) assim como dos tempos de espera (Figura 8.7) entre os valores gerados pela simulação e os gerados pelo modelo *Erlang C*.

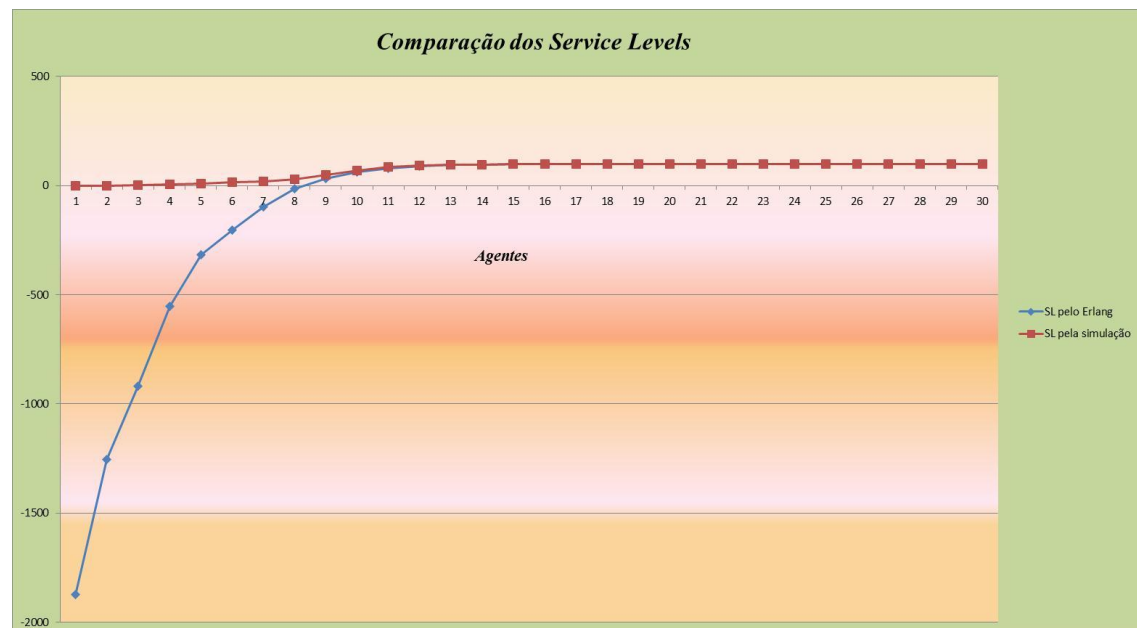


Figura 8.6. Representação gráfica com a comparação dos níveis de serviço com a fórmula do *Erlang* e com os valores gerados pela simulação.

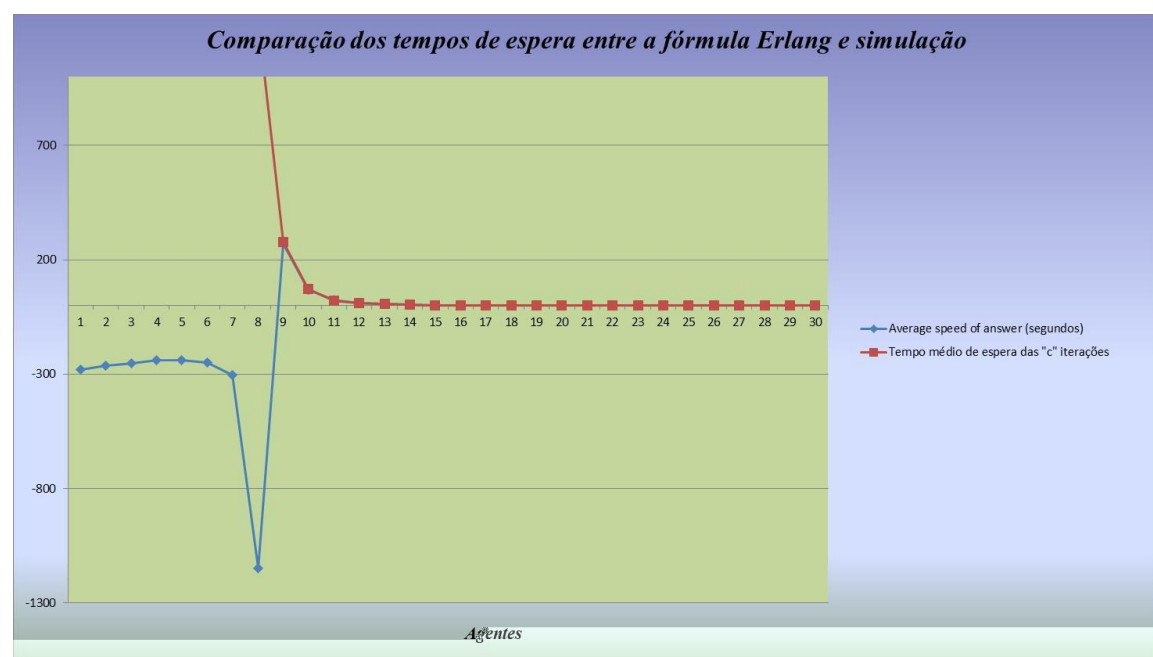


Figura 8.7. Representação gráfica com a comparação dos tempos médios de espera (ASA) da fórmula do *Erlang* com os valores gerados pelas (iterações da) simulação.

Podemos constatar pela Figura 8.6. que os níveis de serviço no *Erlang* só começam a ser maiores ou iguais a zero quando o número de agentes ( $m$ ) for maior que a intensidade de tráfego (sendo esta 8.17), até lá o *Erlang* dá valores negativos (já a simulação dá valores próximos de zero). No entanto, podemos afirmar que os valores gerados pela simulação estão bem próximos do modelo *Erlang C*. Os tempos de espera também, a partir dos 9 agentes, como mostra a Figura 8.7, estão idênticos entre a simulação e a fórmula do *Erlang*.

### ***Conclusão:***

Para estes valores gerados, numa situação real poderíamos então, com base na Tabela 8.14, considerar apenas 15 agentes, pois já nos davam um nível de serviço de quase 100% (caso o pretendido fosse apenas algo superior ao objectivo estipulado, digamos 85%, então com 11 agentes já conseguíamos o objectivo estipulado, pois geram um nível de serviço de 85.25%).

Comparando com o caso anterior, ao simplificar o código, tivemos uma melhoria de 1 agente, pois antes para um nível de serviço de 85% eram preciso 12 agentes.

Estes resultados já estão bem próximos do modelo *Erlang C*, sendo agora possível, passar a outros desafios (que o *Erlang* **não** consegue concretizar).

### 8.3 Simulação de três filas independentes de chamadas

Neste passo, foi alterado o código para receber *três cadeias independentes de chamadas*, com diferentes valores nas *taxas entre chegadas ( $\lambda$ )*, nas *taxas de serviço ( $\mu$ )* e *juntámos tudo num só vector de chegadas, ordenado*.

Neste caso, considerámos,  $\lambda_1 = 30.42757865$  ou seja que o tempo médio entre as chamadas (em segundos) é de 1/30 segundos aproximadamente e  $\lambda_2 = 20.05555555$ , assim como  $\lambda_3 = 10.05555555$ .

Para a taxa de serviço considerámos,  $\mu_1 = 250$ , ou seja que a duração média do tempo esperado de serviço é de 1/250 segundos e  $\mu_2 = 300$ , assim como  $\mu_3 = 350$ .

Considerámos estas taxas fixas, mas futuramente a ideia é poder tirar conclusões para qualquer valor de taxas, em vários períodos do dia, e comparar com a realidade, com base na simulação.

Para primeira tentativa colocámos o programa a correr até 30 agentes, e em cada iteração dos agentes, foi posto a correr 5 iterações, *admitindo que os clientes são permitidos a entrar no sistema até um instante previamente fixado, T*, neste caso até 45000 segundos (aproximadamente 12h30min).

#### Resultados da simulação:

Agentes	Tempo médio entre chegadas (em seg)	nº chamadas em 1 minuto (60 seg)	Taxa média de chamadas ( $\lambda$ ) por seg	Média duração	Service Level para clientes com chamadas no serviço 1	Service Level para clientes com chamadas no serviço 2	Service Level para clientes com chamadas no serviço 3
1	8,618356534	6,963526435	0,116058774	270,3443279	0,03%	0,03%	0,01%
2	8,703745321	6,893640989	0,114894016	273,4606683	0,07%	0,04%	0,05%
3	8,770962488	6,842348752	0,114039146	267,5076832	0,07%	0,07%	0,09%
4	8,655257442	6,933474568	0,115557909	271,2101668	0,16%	0,16%	0,13%
5	8,672130123	6,920191715	0,115336529	273,6374659	0,16%	0,13%	0,16%
6	8,69159307	6,903836779	0,115063946	272,4312751	0,27%	0,20%	0,19%
7	8,673955412	6,917551153	0,115292519	269,5747316	0,37%	0,41%	0,39%
8	8,590429203	6,986037841	0,116433964	275,1920833	1,23%	1,45%	1,51%
9	8,68083335	6,912391155	0,115206519	272,0134702	2,75%	2,87%	2,97%
10	8,62730216	6,955515534	0,115925259	271,7262481	5,04%	5,09%	5,21%
11	8,618356534	6,963526435	0,116058774	270,3443279	7,90%	8,00%	8,12%
12	8,703745321	6,893640989	0,114894016	273,4606683	10,02%	9,26%	8,97%
13	8,770962488	6,842348752	0,114039146	267,5076832	11,97%	12,15%	11,26%
14	8,655257442	6,933474568	0,115557909	271,2101668	12,09%	12,81%	12,03%
15	8,672130123	6,920191715	0,115336529	273,6374659	14,84%	14,19%	14,67%
16	8,69159307	6,903836779	0,115063946	272,4312751	16,34%	17,04%	16,41%
17	8,673955412	6,917551153	0,115292519	269,5747316	18,76%	18,43%	20,15%
18	8,590429203	6,986037841	0,116433964	275,1920833	21,16%	20,78%	20,81%
19	8,618356534	6,963526435	0,116058774	270,3443279	23,22%	25,16%	23,56%
20	8,703745321	6,893640989	0,114894016	273,4606683	26,81%	27,24%	27,35%
21	8,770962488	6,842348752	0,114039146	267,5076832	29,73%	29,78%	29,98%
22	8,655257442	6,933474568	0,115557909	271,2101668	30,31%	30,68%	30,33%
23	8,672130123	6,920191715	0,115336529	273,6374659	32,73%	32,53%	33,48%
24	8,69159307	6,903836779	0,115063946	272,4312751	35,37%	36,48%	35,62%
25	8,673955412	6,917551153	0,115292519	269,5747316	39,49%	38,33%	39,32%
26	8,590429203	6,986037841	0,116433964	275,1920833	40,35%	39,93%	39,27%
27	8,68083335	6,912391155	0,115206519	272,0134702	43,46%	43,45%	43,48%
28	8,62730216	6,955515534	0,115925259	271,7262481	46,74%	45,71%	45,90%
29	8,696248659	6,899918029	0,114998634	270,6557171	49,15%	49,77%	47,54%
30	8,658055361	6,931099063	0,115518318	272,0975381	51,72%	52,81%	52,57%

Tabela 8.15. Output gerado pela simulação, que nos dá os níveis de serviço

E respectivos tempos de espera:

Agentes	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 1	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 2	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 3
1	684005,6837	678574,7082	682680,836
2	332541,5982	331552,1208	329378,3818
3	207016,1158	206028,6798	206864,9101
4	154962,0736	153113,9553	154373,506
5	118562,4483	120641,306	118446,8884
6	95089,59999	94584,76929	95378,0322
7	77268,80326	77876,26041	76027,85606
8	66906,53939	67836,03331	67301,93858
9	55562,33648	55202,8591	55845,70731
10	47843,97102	48413,06767	48360,0252
11	41502,98678	40991,10587	41349,21171
12	36668,1195	36303,60572	35910,32634
13	30298,76285	30121,20228	30437,84696
14	28320,78396	27696,69665	28089,35024
15	24248,17761	25013,95186	24429,13279
16	21395,39234	21243,58645	21453,8634
17	18548,23667	18833,38253	18338,17217
18	17361,79634	17617,78375	17340,05547
19	14667,96221	14420,20207	14480,36255
20	12918,04496	12704,72486	12543,06731
21	10213,60058	10064,46521	10199,27818
22	9802,199232	9573,80565	9671,03209
23	7996,999949	8394,800966	8075,55327
24	6909,811273	6704,681888	6759,686088
25	5442,71199	5535,436032	5465,821922
26	5211,270298	5231,24793	5189,877508
27	3509,096281	3525,566391	3621,424
28	2834,165522	2913,403344	2919,647602
29	1834,321887	1841,126969	1879,91118
30	1343,835705	1299,350164	1299,089466

Tabela 8.16. Output gerado pela simulação, que nos dá os respectivos tempos de espera de cada serviço

**Respectivo gráfico da evolução do Service Level até 30 agentes:**

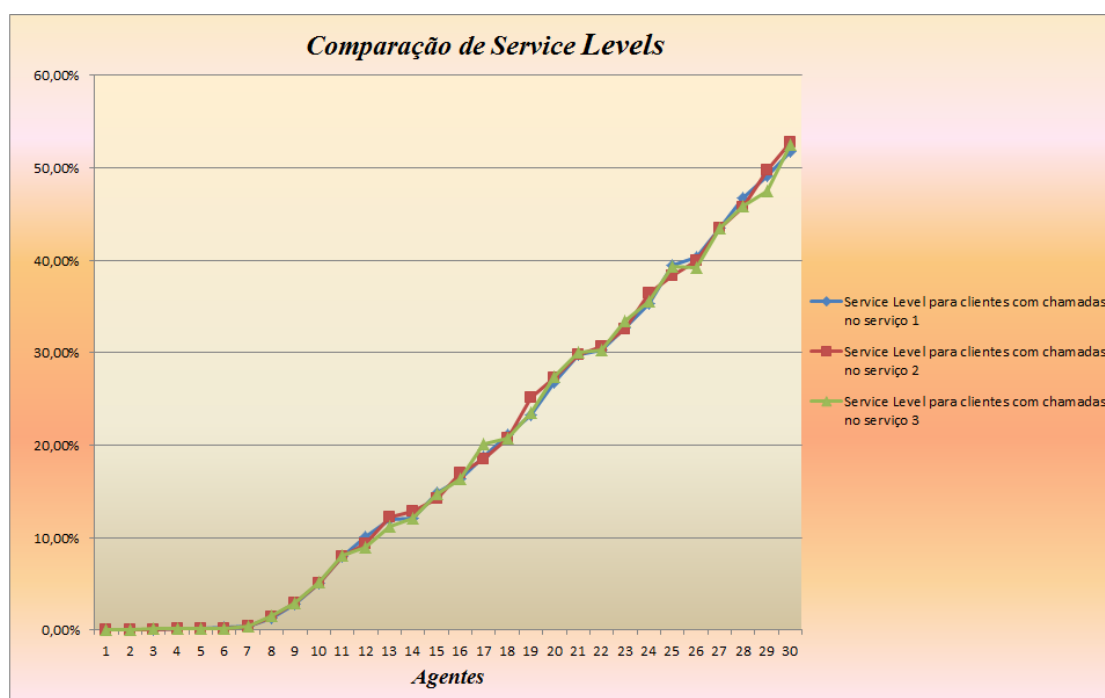


Figura 8.8. Gráfico da evolução dos níveis de serviço gerados pela simulação, até 30 agentes

Pode-se constatar, através da Figura 8.8 que já não existe tanto um crescimento exponencial, mas sim um crescimento mais distribuído, mas, observando a Tabela 8.15, verificamos que com 30 agentes, não é possível atingir um nível de serviço de 100% em cada serviço, mas sim uma média de 50%.

No início, até sensivelmente 8 agentes o crescimento é quase nulo, sendo que de seguida, começa a crescer, mas somente para atingir um nível de serviço (*Service Level*) de 50%.

De notar que até 30 agentes, os níveis de serviço dos três serviços estão em todos os instantes bastante próximos entre si.

Neste caso, já não é correcto comparar com o *Erlang C*, pois o *Erlang C* não lida com prioridades, assim como outras limitações que foram vistas anteriormente.

Fomos então ver, com quantos agentes teria um nível de serviço dentro do objectivo, e até mesmo os 100%. Colocámos o programa a correr até 55 agentes, e em cada iteração dos agentes, foi posto a correr 5 iterações, *admitindo que os clientes são permitidos a entrar no sistema até um instante previamente fixado, T*, neste caso até 45000 segundos e assim obtivemos os resultados presentes na Tabela 8.18, em baixo representada.

Agentes	Tempo médio entre chegadas (em seg)	nº chamadas em 1 minuto (60 seg)	Taxa média de chamadas ( $\lambda$ ) por seg	Média duração	Service Level para clientes com chamadas no serviço 1	Service Level para clientes com chamadas no serviço 2	Service Level para clientes com chamadas no serviço 3
30	8.658055361	6.931099063	0.115518318	272.0975381	51.72%	52.81%	52.57%
31	8.618356534	6.963526435	0.116058774	270.3443279	55.60%	55.90%	55.34%
32	8.703745321	6.893640989	0.114894016	273.4606683	63.98%	63.90%	65.06%
33	8.770962488	6.842348752	0.114039146	267.5076832	77.77%	77.92%	77.24%
34	8.655257442	6.933474568	0.115557909	271.2101668	76.88%	77.56%	77.84%
35	8.672130123	6.920191715	0.115336529	273.6374659	83.30%	83.29%	83.14%
36	8.69159307	6.903836779	0.115063946	272.4312751	89.24%	90.24%	89.69%
37	8.673955412	6.917551153	0.115292519	269.5747316	93.75%	93.24%	93.91%
38	8.590429203	6.986037841	0.116433964	275.1920833	93.79%	93.43%	93.28%
39	8.68083335	6.912391155	0.115206519	272.0134702	95.84%	95.89%	95.58%
40	8.62730216	6.955515534	0.115925259	271.7262481	96.33%	96.66%	96.65%
41	8.696248659	6.899918029	0.114998634	270.6557171	98.61%	98.72%	98.34%
42	8.658055361	6.931099063	0.115518318	272.0975381	98.70%	98.81%	98.56%
43	8.599926899	6.977814844	0.116296914	272.9579964	99.12%	98.70%	98.85%
44	8.712019453	6.887594166	0.114793236	271.3803658	99.74%	99.77%	99.72%
45	8.707095794	6.891616756	0.114860279	276.198673	99.65%	99.65%	99.78%
46	8.605420914	6.974380356	0.116239673	272.2757536	99.78%	99.70%	99.81%
47	8.618356534	6.963526435	0.116058774	270.3443279	99.88%	99.92%	99.95%
48	8.703745321	6.893640989	0.114894016	273.4606683	99.99%	99.99%	99.99%
49	8.618356534	6.963526435	0.116058774	270.3443279	99.97%	99.98%	100.00%
50	8.703745321	6.893640989	0.114894016	273.4606683	100.00%	100.00%	100.00%
51	8.770962488	6.842348752	0.114039146	267.5076832	100.00%	100.00%	100.00%
52	8.655257442	6.933474568	0.115557909	271.2101668	100.00%	100.00%	100.00%
53	8.672130123	6.920191715	0.115336529	273.6374659	100.00%	100.00%	100.00%
54	8.69159307	6.903836779	0.115063946	272.4312751	100.00%	100.00%	100.00%
55	8.673955412	6.917551153	0.115292519	269.5747316	100.00%	100.00%	100.00%

Tabela 8.17. Output gerado pela simulação, que nos dá os níveis de serviço

E os respectivos tempos de espera:

Agentes	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 1	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 2	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 3
30	1343,835705	1299,350164	1299,089466
31	595,3135299	593,7220382	585,8486169
32	245,6504815	238,8819663	222,2554286
33	58,8572653	57,84490338	56,85868385
34	70,28381961	67,6062173	70,96043021
35	31,01179014	31,38024077	30,87574296
36	15,26374974	14,32079836	14,49383748
37	8,659381452	9,146623899	8,309227846
38	8,747948063	8,802903325	8,994460228
39	5,595919976	6,265536721	6,599542367
40	4,609721192	4,715403289	4,559082337
41	1,391851071	1,551927258	1,824580475
42	1,400646815	1,227938056	1,531351274
43	1,121628316	1,557256777	1,428045845
44	0,261293284	0,26295974	0,259227435
45	0,417601986	0,438031239	0,244227207
46	0,244067171	0,260257884	0,210725612
47	0,141881036	0,121615721	0,104640427
48	0,022077246	0,01734641	0,019034379
49	0,041833998	0,031557977	0,025955053
50	0,004515107	0,001703448	0,003672672
51	0	0,001049443	0,000870153
52	0	2,13045E-05	0
53	0,000556715	0	0,00192464
54	0	0	0
55	0	0	0

Tabela 8.18. Output gerado pela simulação, que nos dá os respectivos tempos de espera de cada serviço

**Respectivo gráfico da evolução do Service Level até 55 agentes:**

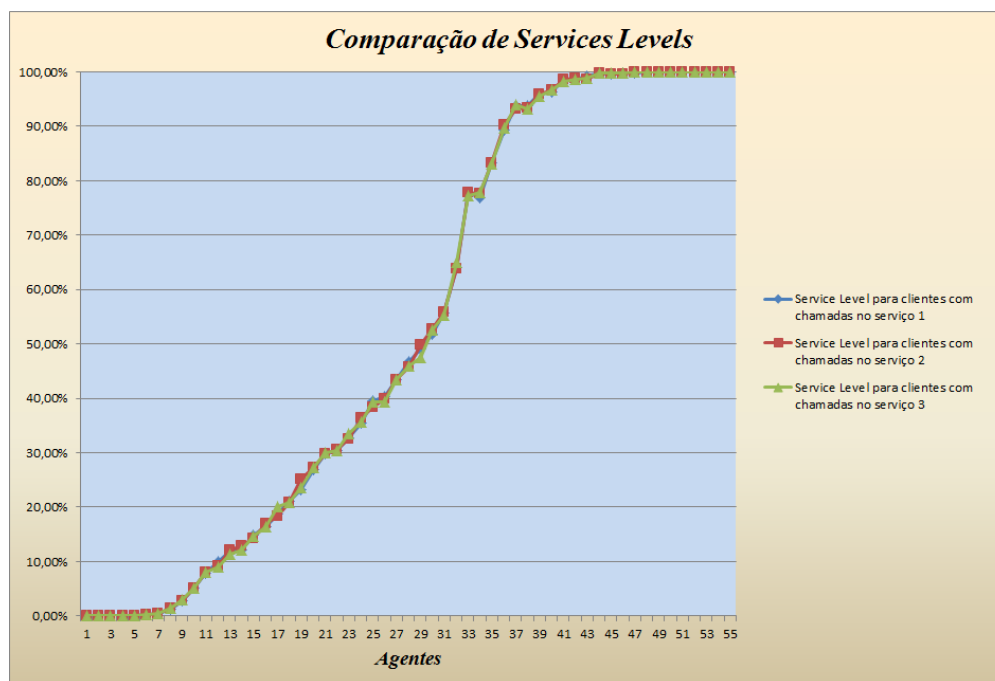


Figura 8.9. Gráfico da evolução dos níveis de serviço gerados pela simulação, até 55 agentes

Do mesmo modo, pelo auxílio da Figura 8.9, é possível observar que até 55 agentes, os níveis de serviço estão de facto bastante idênticos nos três serviços.

Para estes valores gerados, numa situação real poderíamos então, com base na Tabela 8.17, considerar 36 agentes, caso o pretendido fosse apenas algo superior ao objectivo estipulado, (por exemplo, 85%). Se o objectivo fosse algo perto dos 100%, então com 45 agentes já teríamos algo muito próximo.

Mais uma vez, neste caso, já não é correcto comparar com o Erlang C, pois o Erlang C não lida com prioridades, assim como outras limitações que foram vistas anteriormente.





## Capítulo 9

### Resultados – Dados Reais com nível de serviço alto

Neste capítulo explicamos todos os resultados e testes que foram feitos com base em dados reais que originaram um período com nível de serviço alto.

#### 9.1 Estudo de dados reais num período de 2 horas a 5 serviços

Agora, utilizando já dados reais num período de 2 horas, vamos aplicar a simulação a 5 serviços e como os valores são *reais e fixos*, não é preciso fazer várias iterações como antes, para obter uma média mais próxima da realidade.

Nesta situação real foi usado **um grupo de 30 agentes** no período das 15h00 às 17h00, não havendo qualquer *reenqueue* de chamadas neste período, podendo assim comparar com a situação que a simulação neste ponto me oferece.

Os serviços têm diferentes objectivos aos quais são atribuídas diferentes prioridades para alcançar os diferentes níveis de serviço desejáveis.

Definimos prioridades nos serviços, para que as chamadas destes sejam diferenciadas e encadeadas de maneiras diferentes. **Porque a ideia é ver se esta atribuição de prioridades é a óptima, ou se, gerindo-a, conseguimos minimizar os recursos (agentes)**

Por exemplo, subindo um serviço de prioridade 2 para 3, vai “competir” com os restantes serviços de prioridade 3, e vai aproveitar a folga que estes tinham, para minimizar os recursos do seu serviço.

No caso real as **prioridades** foram estipuladas da seguinte maneira:

**Serviço 1 tem prioridade 2 – objectivo (target) de 85%**

**Serviço 2 tem prioridade 2 – objectivo (target) de 85%**

**Serviço 3 tem prioridade 3 – objectivo (target) de 90%**

**Serviço 4 tem prioridade 2 – objectivo (target) de 85%**

**Serviço 5 tem prioridade 2 – objectivo (target) de 85%**

#### Informação Real:

Serviço 1	SL
15:15	100%
16:00	100%
16:45	100%

Serviço 4	SL
15:00	100%
15:15	100%
15:30	100%
15:45	100%
16:00	100%
16:15	82%
16:30	100%
16:45	100%

Serviço 2	SL
15:30	100%
15:45	100%
16:00	100%
16:15	100%
16:45	100%

Serviço 5	SL
15:00	100%
15:15	100%
15:30	100%
15:45	100%
16:00	100%
16:15	100%
16:30	100%
16:45	100%

Serviço 3	SL
15:00	100%
15:15	100%
15:30	100%
15:45	100%
16:00	100%
16:15	100%
16:30	100%
16:45	100%

Tabela 9.1. Informação real a analisar, sobre os vários períodos de cada serviço

Quando falo em médias ponderadas é a multiplicação do número de chamadas oferecidas pelo nível de serviço, a dividir pela soma das chamadas oferecidas, isto tudo no período de tempo que pretendemos analisar (neste caso das 15h às 17h)  
As médias ponderadas de cada serviço:

Serviço 1 → 1  
Serviço 2 → 1  
Serviço 3 → 1  
Serviço 4 → 0,979983319  
Serviço 5 → 1

**Nota:**

**Serviço 1 tem 4 chamadas**  
**Serviço 2 tem 12 chamadas**  
**Serviço 3 tem 108 chamadas**  
**Serviço 4 tem 107 chamadas**  
**Serviço 5 tem 191 chamadas**

**Simulação: O serviço 3 tem a maior prioridade (3), e os restantes prioridade por igual (2).**

Agentes	Tempo médio entre chegadas (em seg)	nº chamadas em 1 minuto (60 seg)	Taxa média de chamadas (λ) por seg	Média duração	Service Level para clientes com chamadas no serviço 1	Service Level para clientes com chamadas no serviço 2	Service Level para clientes com chamadas no serviço 3	Service Level para clientes com chamadas no serviço 4	Service Level para clientes com chamadas no serviço 5
1	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,52%
2	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	0,00%	0,00%	0,00%	0,93%	0,52%
3	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	0,00%	0,00%	1,85%	0,93%	0,52%
4	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	0,00%	0,00%	2,78%	0,93%	1,57%
5	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	0,00%	0,00%	6,48%	0,93%	2,62%
6	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	0,00%	0,00%	15,74%	0,93%	3,14%
7	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	0,00%	0,00%	29,63%	0,93%	3,66%
8	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	0,00%	0,00%	35,19%	0,93%	3,66%
9	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	0,00%	0,00%	37,96%	0,93%	3,66%
10	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	0,00%	0,00%	42,59%	0,93%	4,19%
11	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	0,00%	0,00%	55,56%	2,80%	5,76%
12	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	0,00%	0,00%	49,07%	4,67%	7,33%
13	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	0,00%	0,00%	59,26%	6,54%	8,38%
14	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	0,00%	0,00%	64,81%	8,41%	9,95%
15	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	0,00%	0,00%	75,93%	10,28%	10,99%
16	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	25,00%	33,33%	79,63%	26,17%	24,61%
17	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	25,00%	58,33%	92,59%	57,01%	58,12%
18	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	50,00%	66,67%	95,37%	68,22%	73,82%
19	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	50,00%	75,00%	98,15%	80,37%	83,25%
20	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	75,00%	83,33%	100,00%	89,72%	92,67%
21	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	100,00%	100,00%	100,00%	97,20%	98,95%
22	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	100,00%	100,00%	100,00%	98,13%	100,00%
23	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
24	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
25	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
26	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
27	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
28	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
29	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
30	145,007109	0,413772817	0,006896214	275,71327	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabela 9.2. Output gerado pela simulação, que nos dá os níveis de serviço

E o respectivos tempos de espera:

Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 1	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 2	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 3	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 4	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 5
83691,75	83936,33333	16206,70371	75017,53271	73958,89529
39397,25	39562,83333	6249,555556	35449,24299	35127,30367
24755,5	24850,5	2797,166667	22388,5514	22209,1623
17423,25	17495,66667	1085,268519	15867,38318	15645,29843
13017,75	13093,25	378,0833336	11835,74766	11566,72775
10088,75	10148,16667	185,7037042	8954,093458	8763,900524
7180,000001	8068,25	118,0925928	6851,308412	6760,329843
5667,750001	6382,75	86,21296306	5257,485982	5241,717278
4439,750001	4888,666667	78,49074097	4088,626168	4066,094241
3537,250001	3783,666667	52,44444465	3201,186916	3134,303665
2785,25	2986,5	38,81481494	2417,981308	2385,73822
1978	2204,000001	39,64814828	1773,196262	1752,633508
1474	1541,333333	29,87037049	1260,140187	1227,858639
970,750001	990,1666671	37,574074	823,1401869	807,8062829
592,2500004	586,333333	20,04629638	455,5140189	439,6178011
185,75	175,4166666	18,03703707	159,1495328	145,3507854
133,75	82,75000003	7,31481484	68,5607477	55,14659687
62,24999995	36,16666684	5,166666693	36,60747663	27,53403144
41,50000025	19,41666659	2,916666696	15,45794395	12,78010474
22,74999985	11,16666676	1,592592581	7,308411251	4,523560222
0	8,30369E-09	0,740740734	2,981308413	1,575916237
0	0	0,101851849	1,280373828	0,293193712
0	0	0,046296293	0,439252335	0,13612565
0	0	0,046296293	0,11214953	0,026178008
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

Tabela 9.3. Output gerado pela simulação, que nos dá os respectivos tempos de espera de cada serviço

**Respectivo gráfico da evolução do Service Level até 30 agentes:**

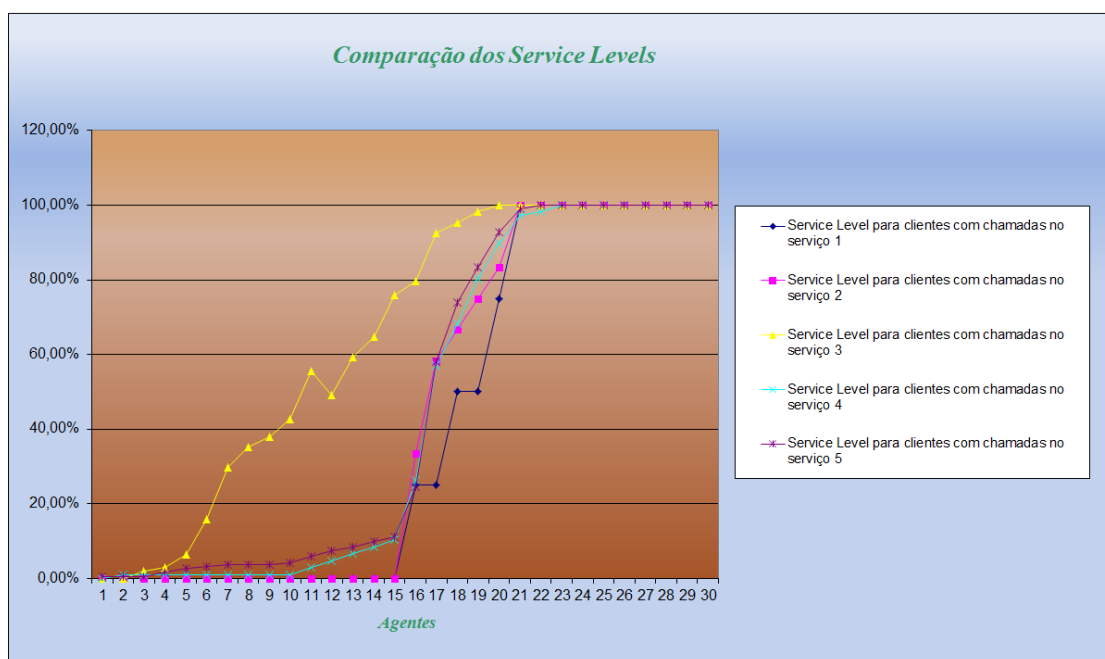


Figura 9.1. Gráfico da evolução dos níveis de serviço gerados pela simulação, até 30 agentes

Podemos ver pelo gráfico representado na Figura 9.1 que o serviço 3, sendo prioritário, vai ter um crescimento de nível de serviço maior que os restantes, atingindo o objectivo (neste caso é de 90%) com 17 agentes, enquanto os restantes só com 21 agentes. Sendo então 21 agentes um bom número de agentes para considerar neste caso, mas vamos analisar melhor a seguir:

Para poder comparar estes valores com os níveis de serviço reais, fomos ver, através do *Excel* (tabelas *pivot*) o nível de serviço aglomerado (ou seja, com todos os serviços juntos, em cada período) e o nível de serviço detalhado por linha.

**Legenda:** Períodos de 15 minutos

Período 0 → 15:00  
 Período 1 → 15:15  
 Período 2 → 15:30  
 Período 3 → 15:45

Período 4 → 16:00  
 Período 5 → 16:15  
 Período 6 → 16:30  
 Período 7 → 16:45

**Para 21 agentes:** (vamos analisar a partir do caso em que temos 21 agentes, apesar de no real ter sido feito com 30 agentes, para perceber a evolução e margens de erro)

Count of Atendidas		Sum of SLA In		SLA (Aglomerado) por período	
Período	Total	Período	Total	Período 0	
0	49	0	49	Período 1	100%
1	49	1	49	Período 2	100%
2	55	2	55	Período 3	100%
3	63	3	59	Período 4	94%
4	46	4	45	Período 5	98%
5	47	5	47	Período 6	100%
6	44	6	44	Período 7	100%
7	69	7	69		
Grand Total		Grand Total			

Tabela 9.4. SLA Aglomerado por período com 21 agentes: Todos os serviços juntos em cada período.

Os valores da Tabela 9.4, que representam o *SLA (aglomerado) por período* foram obtidos pela divisão das linhas do somatório (*Sum*) do *SLA In* com a contagem (*count*) das chamadas atendidas.

Count of Atendidas		Serviço (h)					Grand Total
Período		1	2	3	4	5	
0				13	12	24	49
1	1			11	16	21	49
2			3	10	13	29	55
3	1	2	12	18	30		63
4		2	12	8	24		46
5		1	18	10	18		47
6		1	9	14	20		44
7	2	3	23	16	25		69
Grand Total		4	12	108	107	191	422

Sum of SLA In		Serviço (h)					Grand Total
Período		1	2	3	4	5	
0				13	12	24	49
1	1			11	16	21	49
2			3	10	13	29	55
3	1	2	12	15	29		59
4		2	12	8	23		45
5		1	18	10	18		47
6		1	9	14	20		44
7	2	3	23	16	25		69
Grand Total		4	12	108	104	189	417

SLA por serviço					
Períodos	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5
0			100,00%	100,00%	100,00%
1	100,00%		100,00%	100,00%	100,00%
2		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
3	100,00%	100,00%	100,00%	83,33%	96,67%
4		100,00%	100,00%	100,00%	95,83%
5		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
6		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
7	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabela 9.5. Detalhe por serviço e período com 21 agentes, que nos permite comparar com a informação real.

Os valores da Tabela 9.5, que representam o *SLA por serviço*, foram obtidos pela divisão das posições do somatório (*Sum*) do *SLA In* com a contagem (*count*) das chamadas atendidas.

Comparando com a informação real representada na Tabela 9.1 podemos ver que pela Tabela 9.5 o detalhe por período, apesar de ter casos idênticos ao real, ainda não é coerente em todos os casos com o que nos mostra a realidade, ora isto deve-se ao facto de termos um caso em que temos serviços com poucas chamadas (neste exemplo o máximo foram 191 chamadas no serviço 5, e isso para uma simulação é pouco), ao dividi-las (chamadas) por períodos, trata-se de números pequenos o que acaba por não ser significativo para o resultado da simulação.

Para isso vamos recorrer ao *SLA Detalhado*, representado na Tabela 9.6 que nos dá a média desses períodos, acabando por compensar os intervalos/desníveis, assemelhando-se ao real.

Neste caso, com 21 agentes disponíveis, podemos constatar pela Tabela 9.5, que nos períodos considerados, desta vez com o incremento de 1 só agente, só o período 3 (das 15h45 até às 16h00) é que ainda não atingiu nível de serviço de 100%, no serviço 4 e no serviço 5.

SLA (detalhado) por serviço	
<b>Serviço 1</b>	100%
<b>Serviço 2</b>	100%
<b>Serviço 3</b>	100%
<b>Serviço 4</b>	97,20%
<b>Serviço 5</b>	98,95%

Tabela 9.6. SLA Detalhado com 21 agentes: Média de todos os períodos juntos em cada serviço. (É o que a simulação dá como resultados)

Para os dados da Tabela 9.6, com 21 agentes, já teria um nível de serviço acima do objectivo, (em todos os serviços) podendo então, a empresa optar só por usar 21 agentes em vez dos 30.

### Para 22 agentes:

Count of Atendidas		Sum of SLA In		SLA (Aglomerado) por período	
Período	Total	Período	Total	Período 0	
0	49	0	49	Período 1	100%
1	49	1	49	Período 2	100%
2	55	2	55	Período 3	100%
3	63	3	61	Período 4	97%
4	46	4	46	Período 5	100%
5	47	5	47	Período 6	100%
6	44	6	44	Período 7	100%
7	69	7	69		
<b>Grand Total</b>	<b>422</b>	<b>Grand Total</b>	<b>420</b>		

Tabela 9.7. SLA Aglomerado por período com 22 agentes: Todos os serviços juntos em cada período.

De novo, os valores da Tabela 9.7, que representam o *SLA (aglomerado) por período* foram obtidos pela divisão das linhas do somatório (*Sum*) do *SLA In* com a contagem (*count*) das chamadas atendidas.

Count of Atendidas	Serviço (h)					
Periodo	1	2	3	4	5	Grand Total
0			13	12	24	49
1	1		11	16	21	49
2		3	10	13	29	55
3	1	2	12	18	30	63
4		2	12	8	24	46
5		1	18	10	18	47
6		1	9	14	20	44
7	2	3	23	16	25	69
Grand Total	4	12	108	107	191	422

Sum of SLA In	Serviço (h)					
Periodo	1	2	3	4	5	Grand Total
0			13	12	24	49
1	1		11	16	21	49
2		3	10	13	29	55
3	1	2	12	16	30	61
4		2	12	8	24	46
5		1	18	10	18	47
6		1	9	14	20	44
7	2	3	23	16	25	69
Grand Total	4	12	108	105	191	420

SLA por serviço					
Periodos	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5
0			100,00%	100,00%	100,00%
1	100,00%		100,00%	100,00%	100,00%
2		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
3	100,00%	100,00%	100,00%	88,89%	100,00%
4		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
5		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
6		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
7	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabela 9.8. Detalhe por serviço e período com 22 agentes, que nos permite comparar com a informação real.

Comparando com a informação real representada na Tabela 9.1 e como explicado antes, vamos então recorrer ao *SLA Detalhado*, representado na Tabela 9.9, que nos dá a média desses períodos, acabando por compensar os intervalos/desníveis, assemelhando-se ao real.

Com mais um incremento de 1 agente, é possível verificar pela Tabela 9.8, que todos os serviços dão um nível de serviço 100% com exceção do serviço 4 no período 3 (mas já acima de 85%).

	SLA (detalhado) por serviço
Serviço 1	100%
Serviço 2	100%
Serviço 3	100%
Serviço 4	98,13%
Serviço 5	100%

Tabela 9.9. SLA Detalhado com 22 agentes: Média de todos os períodos juntos em cada serviço. (É o que a simulação dá como resultados)

Como é óbvio, a inclusão de mais um agente neste grupo de atendimento, irá claro melhorar o resultado anterior. Se, com 21 agentes já tínhamos um número necessário e suficiente para obter um nível de serviço acima do estipulado, com 22 agentes iremos estar seguros. Para a empresa, ela estará interessada a não perder lucro, daí 21 agentes ser ainda a melhor opção.

**Para 30 agentes:** (passei logo de 23 agentes para 30 agentes, pois obtivemos na simulação, sempre níveis de serviço de 100% e vamos analisar melhor este caso, já que no caso real foi precisamente com 30 agentes que obtivemos os dados reais)

Count of Atendidas		Sum of SLA In		SLA (Aglomerado) por período	
Período	Total	Período	Total	Período 0	
0	49	0	49	Período 1	100%
1	49	1	49	Período 2	100%
2	55	2	55	Período 3	100%
3	63	3	63	Período 4	100%
4	46	4	46	Período 5	100%
5	47	5	47	Período 6	100%
6	44	6	44	Período 7	100%
7	69	7	69		
<b>Grand Total</b>	<b>422</b>	<b>Grand Total</b>	<b>422</b>		

Tabela 9.10. SLA Aglomerado por período com 30 agentes: Todos os serviços juntos em cada período.

Count of Atendidas		Serviço (h)					
Período		1	2	3	4	5	Grand Total
0				13	12	24	49
1		1		11	16	21	49
2			3	10	13	29	55
3		1	2	12	18	30	63
4			2	12	8	24	46
5			1	18	10	18	47
6			1	9	14	20	44
7		2	3	23	16	25	69
<b>Grand Total</b>		<b>4</b>	<b>12</b>	<b>108</b>	<b>107</b>	<b>191</b>	<b>422</b>

Sum of SLA In		Serviço (h)					
Período		1	2	3	4	5	Grand Total
0				13	12	24	49
1		1		11	16	21	49
2			3	10	13	29	55
3		1	2	12	18	30	63
4			2	12	8	24	46
5			1	18	10	18	47
6			1	9	14	20	44
7		2	3	23	16	25	69
<b>Grand Total</b>		<b>4</b>	<b>12</b>	<b>108</b>	<b>107</b>	<b>191</b>	<b>422</b>

SLA por serviço						
Períodos		Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5
0				100,00%	100,00%	100,00%
1		100,00%		100,00%	100,00%	100,00%
2			100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
3		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
4			100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
5			100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
6			100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
7		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabela 9.11. Detalhe por serviço e período com 30 agentes, que nos permite comparar com a informação real.



Comparando com o caso real, representado na Tabela 9.1, podemos constatar que na Tabela 9.11, o detalhe por período, apesar de ter casos idênticos ao real, ainda não é coerente em todos os casos com o que nos mostra a realidade, ora isto deve-se ao facto de termos um caso em que temos serviços com poucas chamadas (neste exemplo o máximo foram 191 chamadas no serviço 5, e isso para uma simulação é pouco), ao dividi-las (chamadas) por períodos, trata-se de números pequenos o que acaba por não ser significativo para o resultado da simulação.

Para isso vamos recorrer *SLA Detalhado* na Tabela 9.12, que nos dá a média desses períodos, acabando por compensar os intervalos/desníveis, assemelhando-se ao real.

	SLA (detalhado) por serviço
<b>Serviço 1</b>	100%
<b>Serviço 2</b>	100%
<b>Serviço 3</b>	100%
<b>Serviço 4</b>	100%
<b>Serviço 5</b>	100%

Tabela 9.12. SLA Detalhado com 30 agentes: Média de todos os períodos juntos em cada serviço. (É o que a simulação dá como resultados)

**E considerando só as médias ponderadas de cada serviço das 15h às 17h, pois foram nestas duas horas que tivemos 30 agentes fixos e reenqueue “desligado”:**

Serviço 1 → 1  
 Serviço 2 → 1  
 Serviço 3 → 1  
 Serviço 4 → 0,979983319  
 Serviço 5 → 1

### **Nota:**

**Serviço 1 tem 4 chamadas**  
**Serviço 2 tem 12 chamadas**  
**Serviço 3 tem 108 chamadas**  
**Serviço 4 tem 107 chamadas**  
**Serviço 5 tem 191 chamadas**

Com **30 agentes**, a simulação deu a tudo 100%, mas comparando com o caso real, a Tabela 9.1 mostra uma quebra no nível de serviço (de 82%) no serviço 4 no período 5, mas a média ponderada, anteriormente calculada, mostra que está muito próxima de 100 % daí que a simulação até se ajuste.



## 9.2 Estudo de dados reais num período maior (4 horas) a 5 serviços

Agora, utilizando outra vez dados reais, mas num período maior (de 4 horas, ou seja das 13h às 17h), vamos aplicar a simulação a 5 serviços para **um grupo de 30 agentes** (sendo que somente das 15h às 17h é que este grupo de agentes fica fixo em 30, não havendo de novo qualquer *reenqueue* de chamadas neste período, podendo assim comparar com a situação que a simulação neste ponto me oferece).

A **diferença para o teste anterior** está no período de chamadas ser ligeiramente maior, pois assim quando a simulação entrar no período das 15h às 17h o sistema já está em funcionamento há duas horas, estando assim, por exemplo, alguns agentes ocupados, ficando assim mais próximo de uma situação real, comparando depois com a simulação.

De novo, no caso real as **prioridades** foram estipuladas da seguinte maneira:

**Serviço 1 tem prioridade 2 – objetivo (target) de 85%**

**Serviço 2 tem prioridade 2 – objetivo (target) de 85%**

**Serviço 3 tem prioridade 3 – objetivo (target) de 90%**

**Serviço 4 tem prioridade 2 – objetivo (target) de 85%**

**Serviço 5 tem prioridade 2 – objetivo (target) de 85%**

### Informação Real:

Serviço 1	SL	Serviço 2	SL	Serviço 3	SL
13:30	100%	13:00	100%	13:30	100%
13:45	100%	14:00	100%	13:15	100%
14:15	100%	14:45	100%	13:30	33%
14:30	100%	15:30	100%	13:45	100%
14:45	0%	15:45	100%	14:00	100%
15:15	100%	16:00	100%	14:15	90%
16:00	100%	16:15	100%	14:30	60%
16:45	100%	16:45	100%	14:45	100%
				15:00	100%
				15:15	100%
				15:30	100%
				15:45	100%
				16:00	100%
				16:15	100%
				16:30	100%
				16:45	100%

Serviço 4	SL	Serviço 5	SL
13:30	100%	13:30	100%
13:15	100%	13:15	100%
13:30	100%	13:30	83%
13:45	100%	13:45	100%
14:00	100%	14:00	100%
14:15	91%	14:15	94%
14:30	92%	14:30	83%
14:45	100%	14:45	100%
15:00	100%	15:00	100%
15:15	100%	15:15	100%
15:30	100%	15:30	100%
15:45	100%	15:45	100%
16:00	100%	16:00	100%
16:15	82%	16:15	100%
16:30	100%	16:30	100%
16:45	100%	16:45	100%

Tabela 9.13. Informação real a analisar, sobre os vários períodos de cada serviço

As médias ponderadas de cada serviço: (das 13h às 17h)

Serviço 1 → 0,888888889

Serviço 2 → 1

Serviço 3 → 0,952083333

Serviço 4 → 0,973229225

Serviço 5 → 0,983181063

As médias ponderadas de cada serviço: (das 15h às 17h) -> **este é o período que interessa analisar e comparar**

Serviço 1 -> 1  
 Serviço 2 -> 1  
 Serviço 3 -> 1  
 Serviço 4 -> 0,979983319  
 Serviço 5 -> 1

## Nota:

**Serviço 1 tem 9 chamadas**  
**Serviço 2 tem 15 chamadas**  
**Serviço 3 tem 160 chamadas**  
**Serviço 4 tem 157 chamadas**  
**Serviço 5 tem 294 chamadas**

**Simulação:** O serviço 3 tem a maior prioridade (3), e os restantes prioridade por igual (2).

Agentes Equipa 1	Tempo médio entre chegadas (em seg)	nº chamadas em 1 minuto (60 seg)	Taxa média de chamadas (λ) por seg	Média duração	Service Level para clientes com chamadas no serviço 1	Service Level para clientes com chamadas no serviço 2	Service Level para clientes com chamadas no serviço 3	Service Level para clientes com chamadas no serviço 4	Service Level para clientes com chamadas no serviço 5
1	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,47087	0,00%	0,00%	0,00%	0,64%	0,00%
2	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,47087	0,00%	0,00%	0,63%	1,27%	0,00%
3	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,47087	0,00%	0,00%	2,50%	3,18%	1,36%
4	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,47087	0,00%	6,67%	4,38%	3,82%	1,70%
5	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,47087	22,22%	6,67%	13,13%	4,46%	4,76%
6	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,47087	22,22%	13,33%	23,75%	7,01%	7,14%
7	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,47087	22,22%	13,33%	23,75%	8,92%	8,84%
8	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,47087	22,22%	13,33%	35,00%	9,55%	9,18%
9	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,47087	22,22%	13,33%	55,00%	9,55%	9,86%
10	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,47087	22,22%	13,33%	58,13%	10,19%	9,86%
11	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,47087	22,22%	13,33%	61,88%	13,38%	13,95%
12	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,47087	22,22%	13,33%	61,88%	15,92%	15,65%
13	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,47087	22,22%	13,33%	69,38%	16,56%	16,33%
14	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,47087	33,33%	20,00%	73,75%	19,75%	22,11%
15	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,47087	44,44%	20,00%	76,25%	32,48%	32,99%
16	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,47087	66,67%	46,67%	87,50%	46,50%	45,24%
17	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,47087	66,67%	66,67%	93,75%	70,06%	70,41%
18	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,47087	77,78%	73,33%	96,88%	76,43%	81,63%
19	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,47087	77,78%	73,33%	99,38%	84,08%	89,12%
20	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,47087	88,89%	93,33%	99,38%	93,63%	95,24%
21	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,47087	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	99,66%
22	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,47087	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
23	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,47087	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
24	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,47087	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
25	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,47087	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabela 9.14. Output gerado pela simulação, que nos dá os níveis de serviço

Com 20 agentes, conseguiria obter um nível de serviço superior ou igual a 85%. Ao serviço 1 e 2, como têm poucas chamadas, o incremento de 1 agente irá ter um impacto grande nestes dois serviços.

E os respectivos tempos de espera:

Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 1	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 2	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 3	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 4	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 5
101711,5556	120993,8	22402,0875	110435,8917	110228,568
47056,44445	55418,66667	7842,906251	50389,40764	50122,02041
26976,88889	33830,73333	3352,762501	30696,29299	30333,78912
18609,44445	23126,46667	1178,743751	20814,8344	20647,72789
12396,44445	16053,4	299,1000007	14825,55414	14703,2483
9193,333333	12202,8	178,7312506	10978,98726	10924,65646
6264,222222	9524,533334	109,1312505	8262,407644	8312,789116
4623,666667	7359,333334	82,87500054	6304,885351	6253,656463
3361,555556	5783,133333	45,60625031	4755,694268	4692,357143
2434,222222	4481,6	41,13750013	3493,133758	3454,030612
1791	3280,266667	42,21875018	2552,853503	2490,42517
1335,888888	2390,466667	29,90625018	1815,286624	1760,683673
870,1111109	1573,266667	23,76875008	1201,324841	1142,217687
520,6666673	882,1999997	25,00624992	670,2802547	625,9421769
280,1111111	490,2666665	19,89999996	333,2738853	312,972789
90,55555559	144,7333336	12,27499997	114,5031846	102,3945578
60,55555563	66,66666673	6,125000019	46,8025478	37,02721087
31,66666675	40,40000004	3,600000023	25,39490447	18,09863947
19,55555558	17,86666673	1,843750019	13,47770704	8,513605437
3,77777777	7,133333375	1,149999998	4,681528664	3,156462599
0	0,733333326	0,462499998	1,356687895	0,826530605
0	0	0,043749999	0,40127388	0,085034011
0	0	0	0,044585985	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

Tabela 9.15. Output gerado pela simulação, que nos dá os respectivos tempos de espera de cada serviço

**Respectivo gráfico da evolução do Service Level até 25 agentes:**

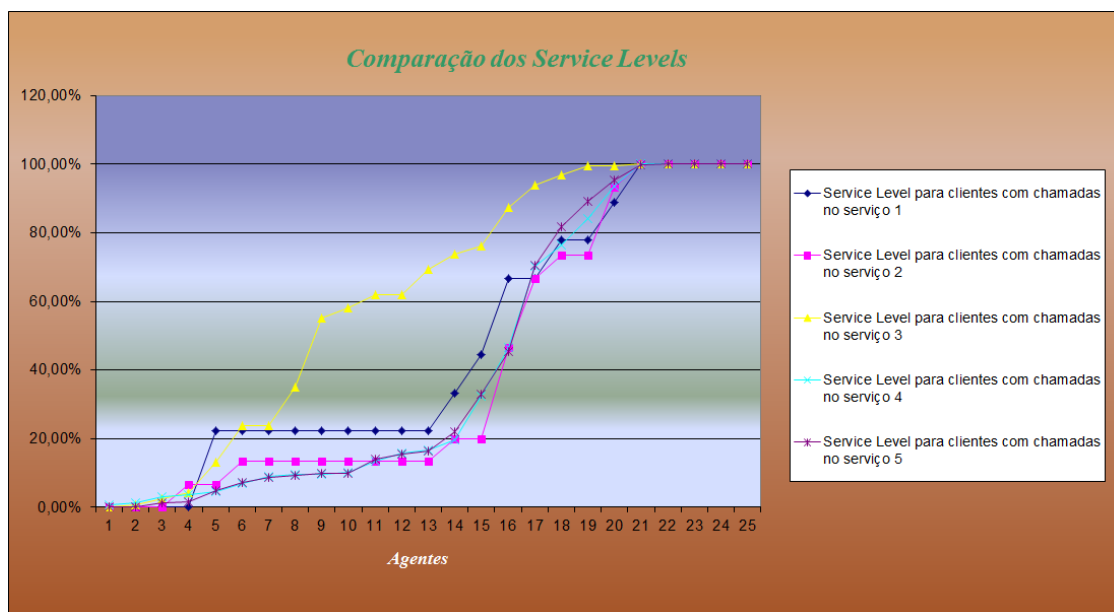


Figura 9.2. Gráfico da evolução dos níveis de serviço gerados pela simulação, até 25 agentes

Podemos ver pelo gráfico representado na Figura 9.2 que o serviço 3, sendo prioritário, vai ter um crescimento de nível de serviço maior que os restantes, atingindo o objectivo (90%) com 17 agentes, enquanto os restantes só com 20 agentes (e estes têm objectivos de 85%). Sendo então 20 agentes um bom número de agentes para considerar neste caso, mas vamos analisar melhor a seguir:

Para poder comparar estes valores com os níveis de serviço reais, fomos ver, através do *Excel* (tabelas *pivot*) o nível de serviço aglomerado (ou seja, com todos os serviços juntos, em cada período) e o nível de serviço detalhado por linha.

**Legenda:** Períodos de 15 minutos

Período 0 → 13:00  
 Período 1 → 13:15  
 Período 2 → 13:30  
 Período 3 → 13:45  
 Período 4 → 14:00  
 Período 5 → 14:15  
 Período 6 → 14:30  
 Período 7 → 14:45

Período 8 → 15:00  
 Período 9 → 15:15  
 Período 10 → 15:30  
 Período 11 → 15:45  
 Período 12 → 16:00  
 Período 13 → 16:15  
 Período 14 → 16:30  
 Período 15 → 16:45

Vamos analisar a partir do caso em que temos 21 agentes, apesar de no real ter sido feito com 30 agentes.

**Nota:** interessa-nos somente os períodos das 15h às 17h ou seja período 8 ao 15, para a análise e comparação.

Para 20 agentes:

Count of Atendidas		Sum of SLA In		SLA (Aglomerado) por período	
Período	Total	Período	Total	Período 0	100%
0	10	0	10	Período 1	100%
1	15	1	15	Período 2	100%
2	11	2	11	Período 3	100%
3	14	3	14	Período 4	100%
4	26	4	26	Período 5	100%
5	43	5	43	Período 6	100%
6	37	6	37	Período 7	100%
7	57	7	57	Período 8	100%
8	49	8	49	Período 9	100%
9	49	9	49	Período 10	100%
10	55	10	55	Período 11	73%
11	63	11	46	Período 12	96%
12	46	12	44	Período 13	100%
13	47	13	47	Período 14	100%
14	44	14	44	Período 15	88%
15	69	15	61		
Grand Total		635	608		

Tabela 9.16. SLA Aglomerado por período com 20 agentes: Todos os serviços juntos em cada período.

Os valores da Tabela 9.16, que representam o *SLA (aglomerado) por período* foram obtidos pela divisão das linhas do somatório (*Sum*) do *SLA In* com a contagem (*count*) das chamadas atendidas.

Count of Atendidas		Serviço (h)					Grand Total
Período		1	2	3	4	5	
0			1	2	4	3	10
1				2	4	9	15
2	1			3	2	5	11
3	1			5	2	6	14
4		1		7	8	10	26
5	1			14	10	18	43
6	2			7	12	16	37
7		1		12	8	36	57
8				13	12	24	49
9	1			11	16	21	49
10		3		10	13	29	55
11	1	2		12	18	30	63
12		2		12	8	24	46
13		1		18	10	18	47
14		1		9	14	20	44
15	2	3	23	16	25	69	
Grand Total		9	15	160	157	294	635

Sum of SLA In		Serviço (h)					Grand Total
Período		1	2	3	4	5	
0			1	2	4	3	10
1				2	4	9	15
2	1			3	2	5	11
3	1			5	2	6	14
4		1		7	8	10	26
5	1			14	10	18	43
6	2			7	12	16	37
7		1		12	8	36	57
8				13	12	24	49
9	1			11	16	21	49
10		3		10	13	29	55
11	0	1		11	11	23	46
12		2		12	8	22	44
13		1		18	10	18	47
14		1		9	14	20	44
15	2	3	23	13	20	61	
Grand Total		8	14	159	147	280	608

SLA por serviço					
Períodos	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5
0		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
1			100,00%	100,00%	100,00%
2	100,00%		100,00%	100,00%	100,00%
3	100,00%		100,00%	100,00%	100,00%
4		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
5	100,00%		100,00%	100,00%	100,00%
6	100,00%		100,00%	100,00%	100,00%
7		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
8			100,00%	100,00%	100,00%
9	100,00%		100,00%	100,00%	100,00%
10		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
11	0,00%	50,00%	91,67%	61,11%	76,67%
12		100,00%	100,00%	100,00%	91,67%
13		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
14		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
15	100,00%	100,00%	100,00%	81,25%	80,00%

Tabela 9.17. Detalhe por serviço e período com 20 agentes, que nos permite comparar com a informação real.

Os valores da Tabela 9.17, que representam o *SLA por serviço*, foram obtidos pela divisão das posições do somatório (*Sum*) do *SLA In* com a contagem (*count*) das chamadas atendidas.

Comparando com a informação real, representada na Tabela 9.13, podemos observar que na Tabela 9.17 o detalhe por período não é coerente em todos os casos com o que nos mostra a realidade, ora isto deve-se ao facto de termos um caso em que temos serviços com poucas chamadas (neste exemplo o máximo foram 294 chamadas no serviço 5, e isso para uma simulação é pouco), ao dividi-las (chamadas) por períodos, trata-se de números pequenos o que acaba por não ser significativo para o resultado da simulação. Para isso vamos recorrer ao *SLA Detalhado*, representado pela Tabela 9.18, que nos dá a média desses períodos, acabando por compensar os intervalos/desníveis, assemelhando-se ao real.

Pode-se ver na Tabela 9.17, que nos períodos considerados, o período 11 (das 15:45 até às 16:00) e o período 15 (das 16:45 até às 17:00) foram os mais afectados, tendo pior nível de serviço. Comparando com o caso estudado na secção 9.1, em que tínhamos um período das 15h às 17h, há parecenças nas conclusões, havendo também uma quebra no nível de serviços nos mesmos períodos.

Pode-se observar para 20 agentes que na Tabela 9.17, o período 3 (das 15:45 até às 16:00), no serviço 1,2,4 e 5 e o período 7 (das 16:45 até às 17:00), no serviço 4 e 5 foram os mais afectados, tendo pior nível de serviço.

	SLA (detalhado) por serviço
Serviço 1	88,89%
Serviço 2	93,33%
Serviço 3	99,38%
Serviço 4	93,63%
Serviço 5	95,24%

Tabela 9.18. SLA Detalhado com 20 agentes: Média de todos os períodos juntos em cada serviço. (É o que a simulação dá como resultados)

Para estes dados, **considerando que o sistema está a funcionar desde as 13h**, com 20 agentes, em contrapartida ao exemplo das 15h às 17h com 20 agentes analisado na secção 9.1, aqui já teria em todos os serviços, um nível de serviço acima do objectivo (90% para o serviço 3 e 85% para os restantes), ou seja a empresa, já poderia optar realmente por contratar somente 20 agentes.

Para 21 agentes:

Count of Atendidas		Sum of SLA In		SLA (Aglomerado) por período	
Período	Total	Período	Total		
0	10	0	10	Período 0	100%
1	15	1	15	Período 1	100%
2	11	2	11	Período 2	100%
3	14	3	14	Período 3	100%
4	26	4	26	Período 4	100%
5	43	5	43	Período 5	100%
6	37	6	37	Período 6	100%
7	57	7	57	Período 7	100%
8	49	8	49	Período 8	100%
9	49	9	49	Período 9	100%
10	55	10	55	Período 10	100%
11	63	11	62	Período 11	98%
12	46	12	46	Período 12	100%
13	47	13	47	Período 13	100%
14	44	14	44	Período 14	100%
15	69	15	69	Período 15	100%
Grand Total	635	Grand Total	634		

Tabela 9.19. SLA Aglomerado por período com 21 agentes: Todos os serviços juntos em cada período.

Os valores da Tabela 9.19, que representam o *SLA (aglomerado) por período* foram obtidos pela divisão das linhas do somatório (*Sum*) do *SLA In* com a contagem (*count*) das chamadas atendidas.

Count of Atendidas		Serviço (h)					
Período		1	2	3	4	5	Grand Total
0			1	2	4	3	10
1				2	4	9	15
2	1			3	2	5	11
3	1			5	2	6	14
4			1	7	8	10	26
5	1			14	10	18	43
6	2			7	12	16	37
7			1	12	8	36	57
8				13	12	24	49
9	1			11	16	21	49
10			3	10	13	29	55
11	1		2	12	18	30	63
12			2	12	8	24	46
13			1	18	10	18	47
14			1	9	14	20	44
15	2		3	23	16	25	69
Grand Total		9	15	160	157	294	635

Sum of SLA In		Serviço (h)					
Período		1	2	3	4	5	Grand Total
0			1	2	4	3	10
1				2	4	9	15
2	1			3	2	5	11
3	1			5	2	6	14
4			1	7	8	10	26
5	1			14	10	18	43
6	2			7	12	16	37
7			1	12	8	36	57
8				13	12	24	49
9	1			11	16	21	49
10			3	10	13	29	55
11	1		2	12	18	29	62
12			2	12	8	24	46
13			1	18	10	18	47
14			1	9	14	20	44
15	2		3	23	16	25	69
Grand Total		9	15	160	157	293	634

SLA por serviço					
Períodos	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5
0		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
1			100,00%	100,00%	100,00%
2	100,00%		100,00%	100,00%	100,00%
3	100,00%		100,00%	100,00%	100,00%
4		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
5	100,00%		100,00%	100,00%	100,00%
6	100,00%		100,00%	100,00%	100,00%
7		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
8			100,00%	100,00%	100,00%
9	100,00%		100,00%	100,00%	100,00%
10		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
11	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	96,67%
12		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
13		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
14		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
15	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabela 9.20. Detalhe por serviço e período com 21 agentes, que nos permite comparar com a informação real.

Os valores da Tabela 9.20, que representam o *SLA por serviço*, foram obtidos pela divisão das posições do somatório (*Sum*) do *SLA In* com a contagem (*count*) das chamadas atendidas.

Comparando com a informação real, representada na Tabela 9.13, e como explicado antes, vamos recorrer ao *SLA Detalhado*, representado pela Tabela 9.21, que nos dá a média desses períodos, acabando por compensar os intervalos/desníveis, assemelhando-se ao real.

SLA (detalhado) por serviço	
<b>Serviço 1</b>	100%
<b>Serviço 2</b>	100%
<b>Serviço 3</b>	100%
<b>Serviço 4</b>	100%
<b>Serviço 5</b>	99,66%

Tabela 9.21. SLA Detalhado com 21 agentes: Média de todos os períodos juntos em cada serviço. (É o que a simulação dá como resultados)

Como é óbvio, a inclusão de mais um agente neste grupo de atendimento, irá claro melhorar ainda o resultado anterior, se, com 20 agentes já tínhamos um número necessário e suficiente para obter um nível de serviço acima do estipulado, com 21 agentes iremos estar seguros. Para a empresa, ela estará interessada a não perder lucro, daí 20 agentes ser ainda a melhor opção.

Count of Atendidas		Sum of SLA In		SLA (Aglomerado) por período	
Periodo	Total	Periodo	Total		
0	10	0	10	Periodo 0	100%
1	15	1	15	Periodo 1	100%
2	11	2	11	Periodo 2	100%
3	14	3	14	Periodo 3	100%
4	26	4	26	Periodo 4	100%
5	43	5	43	Periodo 5	100%
6	37	6	37	Periodo 6	100%
7	57	7	57	Periodo 7	100%
8	49	8	49	Periodo 8	100%
9	49	9	49	Periodo 9	100%
10	55	10	55	Periodo 10	100%
11	63	11	63	Periodo 11	100%
12	46	12	46	Periodo 12	100%
13	47	13	47	Periodo 13	100%
14	44	14	44	Periodo 14	100%
15	69	15	69	Periodo 15	100%
Grand Total	635	Grand Total	635		

Count of Atendidas		Serviço (h)					
Periodo		1	2	3	4	5	Grand Total
0			1	2	4	3	10
1				2	4	9	15
2		1		3	2	5	11
3		1		5	2	6	14
4			1	7	8	10	26
5		1		14	10	18	43
6		2		7	12	16	37
7			1	12	8	36	57
8				13	12	24	49
9		1		11	16	21	49
10			3	10	13	29	55
11		1	2	12	18	30	63
12			2	12	8	24	46
13			1	18	10	18	47
14			1	9	14	20	44
15		2	3	23	16	25	69
Grand Total		9	15	160	157	294	635

Sum of SLA In		Serviço (h)					
Periodo		1	2	3	4	5	Grand Total
0			1	2	4	3	10
1				2	4	9	15
2		1		3	2	5	11
3		1		5	2	6	14
4			1	7	8	10	26
5		1		14	10	18	43
6		2		7	12	16	37
7			1	12	8	36	57
8				13	12	24	49
9		1		11	16	21	49
10			3	10	13	29	55
11		1	2	12	18	30	63
12			2	12	8	24	46
13			1	18	10	18	47
14			1	9	14	20	44
15		2	3	23	16	25	69
Grand Total		9	15	160	157	294	635

SLA por serviço					
Períodos	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5
0		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
1			100,00%	100,00%	100,00%
2	100,00%		100,00%	100,00%	100,00%
3	100,00%		100,00%	100,00%	100,00%
4		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
5	100,00%		100,00%	100,00%	100,00%
6	100,00%		100,00%	100,00%	100,00%
7		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
8			100,00%	100,00%	100,00%
9	100,00%		100,00%	100,00%	100,00%
10		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
11	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
12		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
13		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
14		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
15	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

100



Comparando com informação real, representada na Tabela 9.13, podemos constatar que na Tabela 9.23 o detalhe por período, apesar de ter casos idênticos ao real, ainda não é coerente em todos os casos com o que nos mostra a realidade, ora isto deve-se ao facto de termos um caso em que temos serviços com poucas chamadas (neste exemplo o máximo foram 294 chamadas no serviço 5, e isso para uma simulação é pouco), ao dividi-las (chamadas) por períodos, trata-se de números pequenos o que acaba por não ser significativo para o resultado da simulação.

Para isso vamos recorrer ao *SLA Detalhado*, representado na Tabela 9.24 que nos dá a média desses períodos, acabando por compensar os intervalos/desníveis, assemelhando-se ao real.

SLA (detalhado) por serviço	
<b>Serviço 1</b>	100%
<b>Serviço 2</b>	100%
<b>Serviço 3</b>	100%
<b>Serviço 4</b>	100%
<b>Serviço 5</b>	100%

Tabela 9.24. SLA Detalhado com 30 agentes: Média de todos os períodos juntos em cada serviço. (É o que a simulação dá como resultados)

**E considerando só as médias ponderadas de cada serviço mas das 15h às 17h, pois foram nestas duas horas que tivemos 30 agentes fixos e reenqueue “desligado”:**

Serviço 1 → 1

Serviço 2 → 1

Serviço 3 → 1

Serviço 4 → 0,979983319

Serviço 5 → 1

Analisando só o período das 15h às 17h, neste caso, a simulação deu de novo, com 30 agentes, 100%. De notar que a média ponderada do serviço 4 é praticamente 100%, os restantes serviços das 15h às 17h dão na mesma 100% de media ponderada, daí que a simulação até se ajuste ao caso real. Mas para estes dados, **e neste caso, em que a simulação começou desde as 13 horas**, 20 agentes seria o necessário e suficiente para a empresa, caso adoptasse um objectivo mínimo de nível de serviço a 85%.

### 9.3 Estudo de dados reais no período de 4 horas com três grupos de 30 agentes

Agora, utilizando outra vez dados reais, mas no período maior (de 4 horas, ou seja das 13h às 17h), vamos aplicar a simulação a 5 serviços para **três grupos até 30 agentes**. A diferença para o teste anterior, está na inclusão de mais **dois** grupos/equipas de agentes diferentes para os serviços, **as prioridades mantêm-se as mesmas**.

No exemplo que vamos mostrar fizemos a seguinte distribuição de serviços:

- Para a primeira equipa de agentes atribui o serviço 4
- Para a segunda equipa de agentes atribui o serviço 3 e 5
- Para a terceira equipa de agentes atribui o serviço 1 e 2

De novo todos os serviços têm prioridades iguais (2), **excepto o serviço 3** que tem a prioridade maior (3).

Mais uma vez temos:

Serviço 1	SL	Serviço 2	SL	Serviço 3	SL
13:30	100%	13:00	100%	13:30	100%
13:45	100%	14:00	100%	13:15	100%
14:15	100%	14:45	100%	13:30	33%
14:30	100%	15:30	100%	13:45	100%
14:45	0%	15:45	100%	14:00	100%
15:15	100%	16:00	100%	14:15	90%
16:00	100%	16:15	100%	14:30	60%
16:45	100%	16:45	100%	14:45	100%
				15:00	100%
				15:15	100%
				15:30	100%
				15:45	100%
				16:00	100%
				16:15	100%
				16:30	100%
				16:45	100%

Serviço 4	SL	Serviço 5	SL
13:30	100%	13:30	100%
13:15	100%	13:15	100%
13:30	100%	13:30	83%
13:45	100%	13:45	100%
14:00	100%	14:00	100%
14:15	91%	14:15	94%
14:30	92%	14:30	83%
14:45	100%	14:45	100%
15:00	100%	15:00	100%
15:15	100%	15:15	100%
15:30	100%	15:30	100%
15:45	100%	15:45	100%
16:00	100%	16:00	100%
16:15	82%	16:15	100%
16:30	100%	16:30	100%
16:45	100%	16:45	100%

Tabela 9.25. Informação real a analisar, sobre os vários períodos de cada serviço

Mas agora já não é possível comparar a simulação com estes valores de nível de serviço, pois aqueles dados reais foram processados apenas por **1 grupo de agentes, e não 3 grupos**.

#### Nota:

Serviço 1 tem 9 chamadas  
 Serviço 2 tem 15 chamadas  
 Serviço 3 tem 160 chamadas  
 Serviço 4 tem 157 chamadas  
 Serviço 5 tem 294 chamadas

**Resultados:** O serviço 3 tem a maior prioridade (3), e os restantes prioridade por igual (2).

Agentes Equipa 1	Agentes Equipa 2	Agentes Equipa 3	Tempo médio entre chegadas (em seg)	nº chamadas em 1 minuto (60 seg)	Taxa média de chamadas (λ) por seg	Média duração	Service Level para clientes com chamadas no serviço 1	Service Level para clientes com chamadas no serviço 2	Service Level para clientes com chamadas no serviço 3	Service Level para clientes com chamadas no serviço 4	Service Level para clientes com chamadas no serviço 5
1	1	1	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	77,78%	73,33%	0,63%	5,10%	0,34%
2	2	2	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	100,00%	100,00%	1,88%	8,92%	1,02%
3	3	3	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	100,00%	100,00%	3,13%	26,75%	1,70%
4	4	4	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	100,00%	100,00%	3,75%	70,70%	3,40%
5	5	5	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	100,00%	100,00%	15,00%	89,17%	6,46%
6	6	6	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	100,00%	100,00%	18,75%	98,09%	8,16%
7	7	7	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	100,00%	100,00%	27,50%	99,36%	9,18%
8	8	8	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	100,00%	100,00%	41,88%	100,00%	13,61%
9	9	9	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	100,00%	100,00%	49,38%	100,00%	15,65%
10	10	10	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	100,00%	100,00%	48,75%	100,00%	23,13%
11	11	11	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	100,00%	100,00%	60,00%	100,00%	26,19%
12	12	12	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	100,00%	100,00%	66,88%	100,00%	33,67%
13	13	13	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	100,00%	100,00%	78,75%	100,00%	47,28%
14	14	14	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	100,00%	100,00%	91,25%	100,00%	76,87%
15	15	15	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	100,00%	100,00%	96,25%	100,00%	89,46%
16	16	16	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	100,00%	100,00%	98,13%	100,00%	94,90%
17	17	17	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	98,98%
18	18	18	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
19	19	19	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
20	20	20	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabela 9.26. Output gerado pela simulação, que nos dá os níveis de serviço

E os respectivos tempos de espera:

Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 1	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 2	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 3	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 4	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 5
258,3333333	3280,866667	15282,35	5471,13376	40301,30953
0	0	5860,100001	1974,815288	21199,78231
0	0	2435,831251	243,9872614	13184,35374
0	0	1091,925	38,92993638	9519,136054
0	0	254,2250004	6,719745251	7324,748299
0	0	143,3062502	1,401273896	5610,918367
0	0	113,69375	0,254777073	4045,091836
0	0	85,45625017	0	2797,190476
0	0	62,36249986	0	1908,741497
0	0	51,54999989	0	1203,479592
0	0	32,20624987	0	726,0986393
0	0	27,84374999	0	332,4387755
0	0	18,09999993	0	96,28571426
0	0	6,68125	0	24,47959183
0	0	3,412499986	0	8,819727882
0	0	1,793749987	0	3,074829925
0	0	0,449999992	0	0,911564621
0	0	0,199999995	0	0,125850337
0	0	0	0	0,017006801
0	0	0	0	0

Tabela 9.27. Output gerado pela simulação, que nos dá os respectivos tempos de espera de cada serviço

**Respectivo gráfico da evolução do Service Level até 20 agentes (agora há 3 equipas de agentes):**

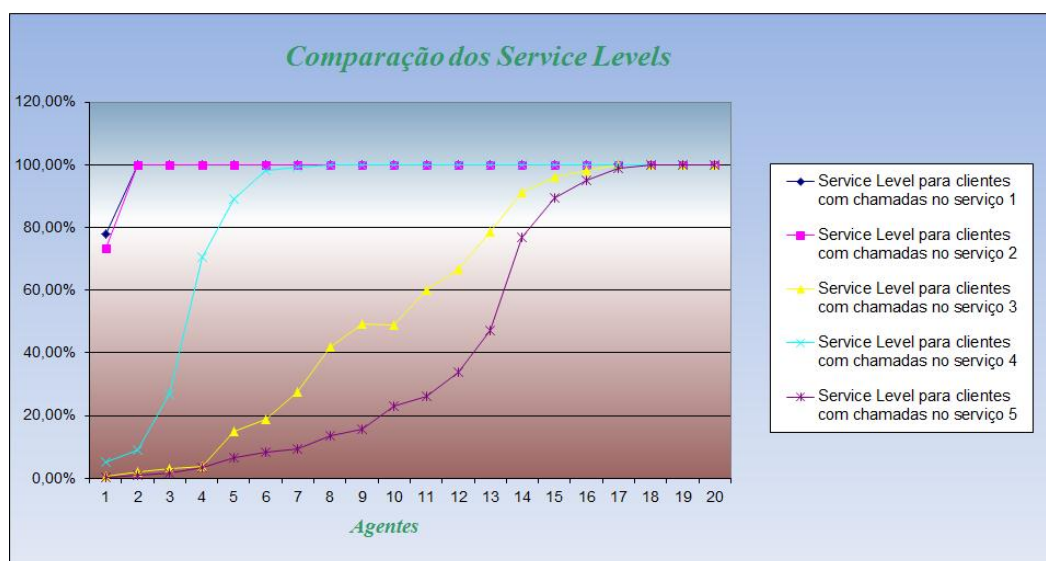


Figura 9.3. Gráfico da evolução dos níveis de serviço gerados pela simulação, até 20 agentes (3 grupos agora)

O Gráfico ilustrado na Figura 9.3 permite-nos observar que o serviço 1 e 2 com 2 agentes, atingem logo um nível de serviço de 100%, isto deve-se ao facto de ter uma equipa somente para estes dois serviços, e tendo eles no total 26 chamadas, rapidamente ganham avanço face aos outros serviços, que têm em comparação, um número mais elevado de chamadas.

De notar que o serviço 3, apesar de prioritário, está, assim como o serviço 5, com pior nível de serviço, ora bem, isto devesse ao facto de haver somente uma equipa (equipa 2) atender estes dois mesmos serviços. Apesar de o serviço 3 ser prioritário, o serviço 5 tem 294 chamadas, número elevado quando comparado com serviço 1 ou serviço 2, que têm 9 e 15 chamadas, respectivamente.

Num caso geral, para todos os serviços estarem acima do nível de serviço estipulado, eram precisos 15 agentes.

**É importante também, gerir a distribuição das equipas pelas chamadas.**

### 9.3.1 Exemplo com 3 grupos de agentes e uma distribuição de serviços diferente

Por exemplo, com as mesmas 3 equipas e mesma situação anterior (período 13h às 17h), se a distribuição dos serviços fosse:

- Para a primeira equipa de agentes atribui o serviço 3
- Para a segunda equipa de agentes atribui o serviço 1 e 5
- Para a terceira equipa de agentes atribui o serviço 2 e 4

#### Nota:

Serviço 1 tem 9 chamadas

Serviço 2 tem 15 chamadas

Serviço 3 tem 160 chamadas

Serviço 4 tem 157 chamadas

Serviço 5 tem 294 chamadas

### Resultados:

Agentes Equipa 1	Agentes Equipa 2	Agentes Equipa 3	Tempo médio entre chegadas (em seg)	nº chamadas em 1 minuto (60 seg)	Taxa média de chamadas (λ)	Média duração	Service Level para clientes com chamadas no serviço 1	Service Level para clientes com chamadas no serviço 2	Service Level para clientes com chamadas no serviço 3	Service Level para clientes com chamadas no serviço 4	Service Level para clientes com chamadas no serviço 5
1	1	1	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	0,00%	6,67%	2,50%	5,10%	0,68%
2	2	2	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	0,00%	6,67%	5,63%	8,28%	1,36%
3	3	3	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	0,00%	13,33%	8,13%	19,75%	3,06%
4	4	4	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	22,22%	80,00%	16,88%	69,43%	8,50%
5	5	5	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	22,22%	100,00%	35,00%	89,17%	13,61%
6	6	6	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	22,22%	100,00%	65,63%	98,09%	15,99%
7	7	7	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	55,56%	100,00%	80,00%	99,36%	32,31%
8	8	8	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	66,67%	100,00%	86,25%	100,00%	45,92%
9	9	9	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	88,89%	100,00%	89,38%	100,00%	72,11%
10	10	10	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	88,89%	100,00%	95,00%	100,00%	80,61%
11	11	11	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	88,89%	100,00%	98,13%	100,00%	88,78%
12	12	12	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	88,89%	100,00%	100,00%	100,00%	96,60%
13	13	13	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	98,98%
14	14	14	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	99,66%
15	15	15	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
16	16	16	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
17	17	17	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
18	18	18	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
19	19	19	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
20	20	20	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabela 9.28. Output gerado pela simulação, que nos dá os níveis de serviço

E os respectivos tempos de espera:

Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 1	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 2	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 3	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 4	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 5
24862,55556	37036,8	9978,456251	30734,15924	27807,37075
7939,444444	11368,86667	4289,725001	7289,687899	10732,79252
3554,555555	1332,800001	2141,131251	580,1464972	5121,2517
1957,333333	30,2000001	913,5812503	88,98726121	2840,078231
1089,666667	2,733333372	186,4312501	7,031847164	1608,517006
580,555554	0	65,70625001	1,54777071	857,7414963
289,777777	0	35,875	0,254777073	398,3231292
97,22222229	0	20,55624997	0	169,7108843
42,66666652	0	10,72499998	0	63,3231292
26,88888881	0	4,11874999	0	25,58163263
15,2222217	0	1,124999995	0	9,520408146
8,66666652	0	0	0	2,901360535
0,888888869	0	0	0	0,89455782
0	0	0	0	0,268707482
0	0	0	0	0,061224489
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

Tabela 9.29. Output gerado pela simulação, que nos dá os respectivos tempos de espera de cada serviço

**Respectivo gráfico da evolução do Service Level até 20 agentes (agora há 3 equipas):**

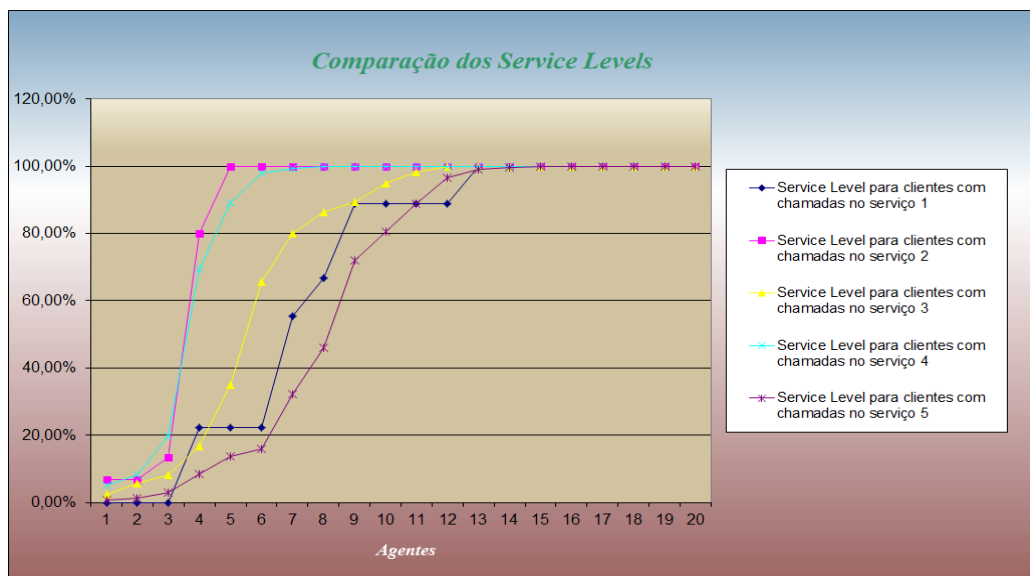


Figura 9.4. Gráfico da evolução dos níveis de serviço gerados pela simulação, até 20 agentes (3 grupos agora)

Comparando com o caso anterior (secção 9.3) com as 3 equipas, mas com outra distribuição de serviços, é possível observar pelo gráfico ilustrado na Figura 9.4 que neste caso, tendo uma equipa só com o serviço 3 (que tem maior prioridade), o nível de serviço aumenta mais rapidamente, não sendo precisos os 14 agentes como no caso anterior, para atingir o nível de serviço estipulado (por exemplo, 85%) e sim, somente 8 agentes.

Comparando os serviços: (usando como nível de serviço mínimo 85%)

**No caso anterior (secção 9.3)**

- Para a primeira equipa de agentes atribui o serviço 4
- Para a segunda equipa de agentes atribui o serviço 3 e 5
- Para a terceira equipa de agentes atribui o serviço 1 e 2

**Serviço 1 precisava de 2 agentes**

**Serviço 2 precisava de 2 agentes**

**Serviço 3 precisava de 14 agentes**

**Serviço 4 precisava de 5 agentes**

**Serviço 5 precisava de 15 agentes**

**Neste caso:**

- Para a primeira equipa de agentes atribui o serviço 3
- Para a segunda equipa de agentes atribui o serviço 1 e 5
- Para a terceira equipa de agentes atribui o serviço 2 e 4

**Serviço 1 precisava de 9 agentes**

**Serviço 2 precisava de 5 agentes**

**Serviço 3 precisava de 8 agentes**

**Serviço 4 precisava de 5 agentes**

**Serviço 5 precisava de 11 agentes**

Ou seja, Serviço 3, 4 e 5 neste caso, o número de agentes baixou (ou manteve-se), mas no serviço 1 e 2 foram precisos mais agentes.

Isto deve-se ao facto de agora, os serviços 1 e 2 estarem a ser atendidos em parceria com outros serviços que **envolvem mais chamadas** (serviço 5 e serviço 4, respectivamente), e no exemplo anterior tínhamos uma só equipa a atender o serviço 1 e 2.

Num caso geral, para todos os serviços estarem acima do nível de serviço estipulado, eram precisos 11 agentes, uma melhoria de 4 agentes, face ao exemplo anterior (secção 9.3), em que eram precisos 15 agentes.

### 9.3.2 Exemplo com cinco grupos de agentes

**Mais um Exemplo** utilizando outra vez dados reais, mas no período maior (de 4 horas, ou seja das 13h às 17h), vamos aplicar a simulação a 5 serviços para **cinco grupos de 30 agentes**.

A diferença para o teste anterior, está na inclusão de mais **dois** grupos/equipas de agentes diferentes para os serviços, ficando então com 5 equipas para 5 serviços. (As prioridades mantêm-se as mesmas.)

No exemplo que vamos mostrar fizemos a seguinte distribuição de serviços:

- Para a primeira equipa de agentes atribui o serviço 4
- Para a segunda equipa de agentes atribui o serviço 5
- Para a terceira equipa de agentes atribui o serviço 2
- Para a quarta equipa de agentes atribui o serviço 1
- Para a quinta equipa de agentes atribui o serviço 3

De novo todos os serviços têm prioridades iguais, *excepto o serviço 3* que tem a prioridade maior (mais importante).

Mais uma vez temos:

Serviço 1	SL
13:30	100%
13:45	100%
14:15	100%
14:30	100%
14:45	0%
15:15	100%
16:00	100%
16:45	100%

Serviço 2	SL
13:00	100%
14:00	100%
14:45	100%
15:30	100%
15:45	100%
16:00	100%
16:15	100%
16:45	100%

Serviço 3	SL
13:30	100%
13:15	100%
13:30	33%
13:45	100%
14:00	100%
14:15	90%
14:30	60%
14:45	100%
15:00	100%
15:15	100%
15:30	100%
15:45	100%
16:00	100%
16:15	100%
16:30	100%
16:45	100%

Serviço 4	SL
13:30	100%
13:15	100%
13:30	100%
13:45	100%
14:00	100%
14:15	91%
14:30	92%
14:45	100%
15:00	100%
15:15	100%
15:30	100%
15:45	100%
16:00	100%
16:15	82%
16:30	100%
16:45	100%

Serviço 5	SL
13:30	100%
13:15	100%
13:30	83%
13:45	100%
14:00	100%
14:15	94%
14:30	83%
14:45	100%
15:00	100%
15:15	100%
15:30	100%
15:45	100%
16:00	100%
16:15	100%
16:30	100%
16:45	100%

Tabela 9.30. Informação real a analisar, sobre os vários períodos de cada serviço

Mas agora já não é possível comparar a simulação com estes valores de Service Level, pois aqueles dados reais foram processados apenas por 1 grupo de agentes, e não 5 grupos.



## Resultados:

Agentes Equipa 1	Agentes Equipa 2	Agentes Equipa 3	Agentes Equipa 4	Agentes Equipa 5	Tempo médio entre chegadas (em seg)	nº chamadas em 1 minuto (60 seg)	Taxa média de chamadas (λ) por seg	Média duração
1	1	1	1	1	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661
2	2	2	2	2	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661
3	3	3	3	3	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661
4	4	4	4	4	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661
5	5	5	5	5	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661
6	6	6	6	6	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661
7	7	7	7	7	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661
8	8	8	8	8	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661
9	9	9	9	9	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661
10	10	10	10	10	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661
11	11	11	11	11	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661
12	12	12	12	12	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661
13	13	13	13	13	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661
14	14	14	14	14	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661
15	15	15	15	15	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661
16	16	16	16	16	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661
17	17	17	17	17	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661
18	18	18	18	18	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661
19	19	19	19	19	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661
20	20	20	20	20	96,36692913	0,622620234	0,010377004	280,4708661

E os respectivos níveis de serviço:

Agentes Equipa 1	Agentes Equipa 2	Agentes Equipa 3	Agentes Equipa 4	Agentes Equipa 5	Service Level para clientes com chamadas no serviço 1	Service Level para clientes com chamadas no serviço 2	Service Level para clientes com chamadas no serviço 3	Service Level para clientes com chamadas no serviço 4	Service Level para clientes com chamadas no serviço 5
1	1	1	1	1	77,78%	100,00%	2,50%	5,10%	0,68%
2	2	2	2	2	100,00%	100,00%	5,63%	8,92%	1,36%
3	3	3	3	3	100,00%	100,00%	8,13%	26,75%	4,42%
4	4	4	4	4	100,00%	100,00%	16,88%	70,70%	8,84%
5	5	5	5	5	100,00%	100,00%	35,00%	89,17%	17,69%
6	6	6	6	6	100,00%	100,00%	65,63%	98,09%	26,19%
7	7	7	7	7	100,00%	100,00%	80,00%	99,36%	36,73%
8	8	8	8	8	100,00%	100,00%	86,25%	100,00%	52,72%
9	9	9	9	9	100,00%	100,00%	89,38%	100,00%	74,15%
10	10	10	10	10	100,00%	100,00%	95,00%	100,00%	83,33%
11	11	11	11	11	100,00%	100,00%	98,13%	100,00%	89,12%
12	12	12	12	12	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	97,28%
13	13	13	13	13	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	99,32%
14	14	14	14	14	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	99,66%
15	15	15	15	15	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
16	16	16	16	16	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
17	17	17	17	17	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
18	18	18	18	18	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
19	19	19	19	19	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
20	20	20	20	20	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabela 9.31. Output gerado pela simulação, que nos dá os níveis de serviço

E tempos de espera:

Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 1	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 2	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 3	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 4	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 5
258,3333333	0	25018,00625	4915,171976	15780,80612
0	0	9447,037501	1885,738854	6724,091837
0	0	3731,3625	243,3121021	3393,496598
0	0	1365,11875	38,68789816	2077,183673
0	0	295,7437501	6,719745251	1170,316326
0	0	97,90625	1,401273896	688,7721085
0	0	43,11874997	0,254777073	357,4523808
0	0	20,55624998	0	144,1734694
0	0	10,72499998	0	53,69727887
0	0	4,11874999	0	21,83333331
0	0	1,124999995	0	8,911564607
0	0	0	0	2,595238088
0	0	0	0	0,714285712
0	0	0	0	0,268707482
0	0	0	0	0,061224489
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

Tabela 9.32. Output gerado pela simulação, que nos dá os respectivos tempos de espera de cada serviço

**Respectivo gráfico da evolução do Service Level até 20 agentes (agora há 5 equipas):**

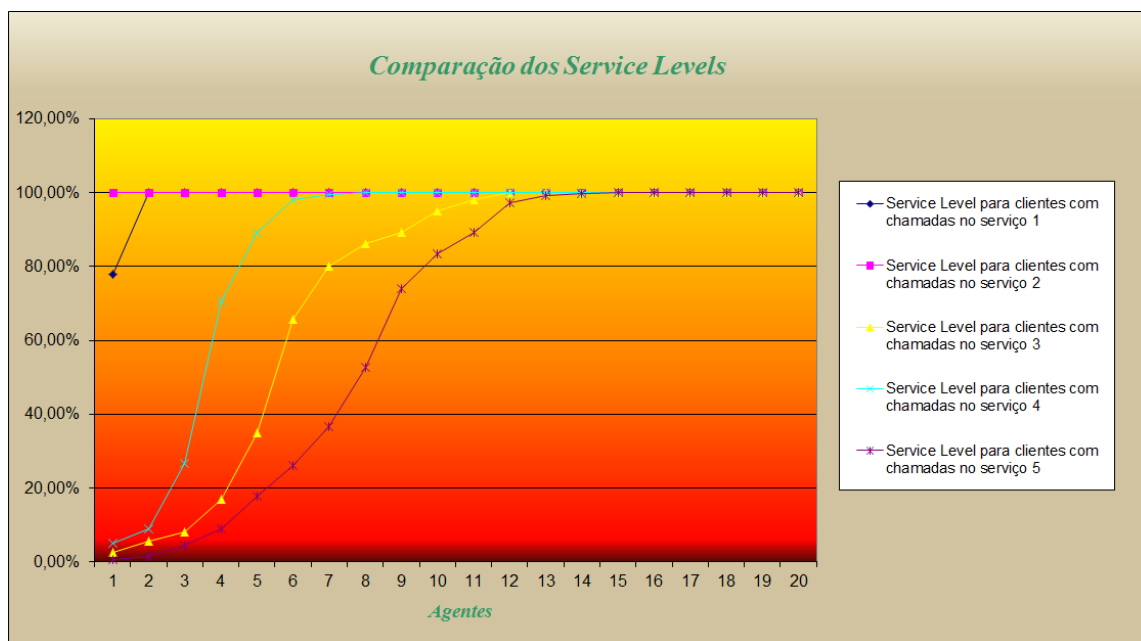


Figura 9.5. Gráfico da evolução dos níveis de serviço gerados pela simulação, até 20 agentes (5 grupos agora)

### Conclusão:

Com 5 equipas para 5 serviços, e com esta distribuição verifica-se (para um nível de serviço de 85%) que:

O **serviço 1** atinge o nível de serviço estipulado com 2 agentes;

O **serviço 2** com 1 agente;

O **serviço 3** com 8 agentes;

O **serviço 4** com 5 agentes;

E o **serviço 5** com 11 agentes,

Ou seja, estes últimos três serviços estão iguais ao caso anterior (secção 9.3.1) com 3 equipas, melhorando bastante (ou seja menos agentes) no serviço 1 e 2.

Então a inclusão de mais duas equipas de agentes veio de facto ajudar o nível de serviço **em alguns serviços** (nomeadamente o serviço 1 e 2).

Mas, num caso geral, para todos os serviços estarem acima do nível de serviço estipulado, eram precisos 11 agentes.

Como cada equipa está destinada a um serviço, mudando a distribuição de agentes, neste caso, não irá mudar nada ficando igual a este exemplo, ou seja, só se tem ganhos nos níveis de serviço quando o número de serviços é maior que o número de equipas, aí compensa gerir a distribuição, agora quando o número de serviços é igual ao número de equipas, os ganhos vão ser sempre idênticos, partindo do pressuposto que as equipas têm o mesmo numero de agentes, claro.

## Capítulo 10

### Resultados – Dados Reais com nível de serviço baixo

Neste capítulo explicamos todos os resultados e testes que foram feitos com base em dados reais que originaram um período com nível de serviço mais baixo.

#### 10.1 Estudo de dados reais num período de 1h15 a 5 serviços

Estivemos então, a verificar, com base em dados reais, se os níveis de serviço obtidos através da simulação se ajustavam aos da realidade. Como foi possível ver, as médias ponderadas para os períodos que analisámos (das 15h às 17h) eram praticamente de 1, vamos então agora analisar um período em que as médias ponderadas irão ser mais baixas, ou seja, o nível de serviço vai estar pior, e ver então, se neste exemplo também obtemos, a partir da simulação, um ajuste ao real.

Utilizando dados reais num período de 1 hora e 15 minutos (das 11h45 às 13h), vamos aplicar a simulação a 5 serviços para **um grupo de 27 agentes**, não havendo, neste período, qualquer *reenqueue* de chamadas, podendo assim comparar com a situação que a simulação neste ponto me oferece.

Os serviços têm diferentes objectivos aos quais são atribuídas diferentes prioridades para alcançar os diferentes níveis de serviço desejáveis.

Definimos prioridades nos serviços, para que as chamadas destes sejam diferenciadas e encadeadas de maneiras diferentes. **Porque a ideia é ver se esta atribuição de prioridades é a óptima, ou se, gerindo-a, conseguimos minimizar os recursos (agentes) → Passo seguinte! (Ver secção 10.2)**

Por exemplo, subindo um serviço de prioridade 2 para 3, vai “competir” com os restantes serviços de prioridade 3, e vai aproveitar a folga que estes tinham, para minimizar os recursos do seu serviço.

No caso real as **prioridades** foram estipuladas da seguinte maneira:

**Serviço 1 tem prioridade 3 – objectivo (target) de 90%**

**Serviço 2 tem prioridade 4 – objectivo (target) de 95%**

**Serviço 3 tem prioridade 4 – objectivo (target) de 95%**

**Serviço 4 tem prioridade 3 – objectivo (target) de 90%**

**Serviço 5 tem prioridade 2 – objectivo (target) de 85%**

#### Informação Real:

Serviço 1	SL	Serviço 2	SL	Serviço 3	SL	Serviço 4	SL	Serviço 5	SL
12:15	20%	12:30	100%	11:45	90%	11:45	100%	11:45	79%
		12:45	100%	12:00	88%	12:00	77%	12:00	40%
				12:15	60%	12:15	56%	12:15	5%
				12:30	77%	12:30	83%	12:30	28%
				12:45	100%	12:45	100%	12:45	89%

Tabela 10.1. Informação real a analisar, sobre os vários períodos de cada serviço

As médias ponderadas de cada serviço (das 11.45h às 13h) é o período que nos interessa analisar, em que temos garantidamente um grupo de 27 agentes e *reeenqueue* “desligado”.

Mais uma vez, quando falo em médias ponderadas é a multiplicação do número de chamadas oferecidas pelo nível de serviço, a dividir pela soma das chamadas oferecidas, isto tudo no período de tempo que pretendemos analisar (neste caso das 11h45 às 13h)

Médias ponderadas:

Serviço 1 → 0,2  
 Serviço 2 → 1  
 Serviço 3 → 0,818665158  
 Serviço 4 → 0.83  
 Serviço 5 → 0,486374256

**Nota:**

**Serviço 1 tem 5 chamadas**  
**Serviço 2 tem 3 chamadas**  
**Serviço 3 tem 68 chamadas**  
**Serviço 4 tem 95 chamadas**  
**Serviço 5 tem 131 chamadas**

**Simulação: O serviço 2 e 3 tem a maior prioridade, de seguida os serviços 1 e 4 com prioridade abaixo, e com a prioridade menor o serviço 5.**

Agentes Equipa 1	Tempo médio entre chegadas (em seg)	nº chamadas em 1 minuto (60 seg)	Taxa média de chamadas (λ) por seg	Média duração	Service Level para clientes com chamadas no serviço 1	Service Level para clientes com chamadas no serviço 2	Service Level para clientes com chamadas no serviço 3	Service Level para clientes com chamadas no serviço 4	Service Level para clientes com chamadas no serviço 5
1	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,76%
2	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,53%
3	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	0,00%	1,05%	1,53%
4	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	1,47%	1,05%	1,53%
5	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	1,47%	1,05%	2,29%
6	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	1,47%	2,11%	2,29%
7	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	7,35%	2,11%	3,05%
8	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	17,65%	3,16%	3,05%
9	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	36,76%	3,16%	3,82%
10	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	66,67%	44,12%	3,16%	4,58%
11	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	33,33%	42,65%	3,16%	4,58%
12	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	33,33%	52,94%	6,32%	4,58%
13	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	100,00%	55,88%	6,32%	5,34%
14	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	33,33%	51,47%	7,37%	6,11%
15	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	33,33%	73,53%	14,74%	7,63%
16	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	100,00%	76,47%	30,53%	8,40%
17	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	100,00%	79,41%	37,89%	9,16%
18	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	66,67%	82,35%	37,89%	9,16%
19	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	100,00%	82,35%	40,00%	9,92%
20	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	66,67%	77,94%	48,42%	9,92%
21	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	66,67%	72,06%	50,53%	12,21%
22	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	66,67%	82,35%	56,84%	12,98%
23	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	40,00%	66,67%	88,24%	62,11%	13,74%
24	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	60,00%	100,00%	91,18%	60,00%	16,79%
25	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	40,00%	100,00%	91,18%	57,89%	27,48%
26	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	60,00%	100,00%	83,82%	66,32%	38,17%
27	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	80,00%	100,00%	95,59%	84,21%	50,38%
28	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	80,00%	100,00%	100,00%	93,68%	67,94%
29	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	100,00%	100,00%	100,00%	96,84%	82,44%
30	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	100,00%	100,00%	100,00%	95,79%	95,42%
31	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	100,00%	100,00%	100,00%	98,95%	98,47%
32	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabela 10.2. Output gerado pela simulação, que nos dá os níveis de serviço

## E respectivos tempos de espera

Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 1	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 2	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 3	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 4	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 5
42976,40001	21339,33334	13269,5	43880,98948	82885,71756
20746,6	9158,666669	5810,441177	21158,31579	40133,43512
13100,6	4971,333334	3222,441177	13212,50527	26042,96183
9305,000001	2777,000001	1836	9329,663159	18997,61832
7046,600001	1527,333334	1068,367647	7061,94737	14691,54199
5495,600001	685,6666672	536,411765	5455,03158	11902,24428
4452,200001	118,0000001	172,0588239	4370,51579	9842,160306
3610,2	62,66666746	95,42647099	3206,568422	8356,419848
3011,000001	64,33333364	64,77941223	2435,242106	7153,206108
2410,400001	25,3333333	40,80882399	1772,389474	6189,78626
1393	45,3333335	47,05882385	1227,926316	5444,916031
790,8000001	32,33333402	44,36764745	765,0947373	4823,366413
655,6000001	18,66666663	32,67647084	568,5473689	4281,755726
432,0000003	46,33333395	31,08823552	306,4000004	3766,671756
299,6000001	31,33333328	22,0588238	146,989474	3228,931298
184,6000003	10,66666686	19,0147062	83,71578968	2765,160306
117,0000003	18,33333272	18,76470605	77,60000022	2340,465649
87,80000035	24,00000092	15,0588237	63,92631605	1986,213741
204,4	19,99999976	17,22058832	61,48421077	1651,832061
206,4000002	17,33333405	20,61764724	56,65263171	1355,312977
185,4000004	22,66666727	21,86764737	49,93684217	1095,137405
116,0000001	19,66666661	16,48529423	39,1684212	859,4274811
48,40000006	15,33333385	15,33823531	29,85263183	636,3129772
42,8000004	12,33333293	13,79411767	34,27368429	421,725191
35,40000031	8,666666774	9,926470709	31,24210542	256,9007634
43,59999954	2,000000058	13,67647057	28,68421052	139,0000001
27,99999979	2,666666766	4,632352947	15,22105262	69,59541987
29,40000024	5,666666993	2,323529417	7,515789478	30,41984734
3,000000035	0	1,176470563	4,463157911	14,90839695
0	0	0,441176467	3,042105266	4,603053442
0	0	0,294117651	1,221052642	1,343511462
0	0	0,073529412	0,294736841	0,183206109

Tabela 10.3. Output gerado pela simulação, que nos dá os respectivos tempos de espera de cada serviço

### Respectivo gráfico da evolução do Service Level até 32 agentes:

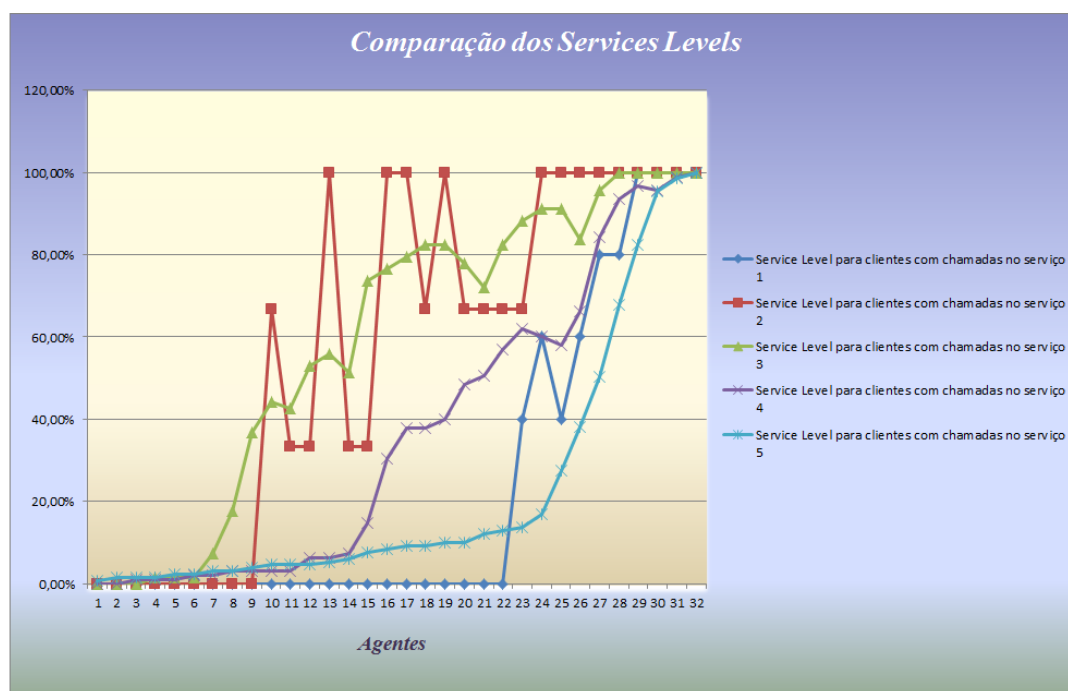


Figura 10.1. Gráfico da evolução dos níveis de serviço gerados pela simulação, até 32 agentes

Com o auxílio da Figura 10.1, podemos ver que, como o serviço 1 e 2 têm 5 e 3 chamadas, respectivamente, os níveis de serviço são muito instáveis ou seja, com o incremento de um agente, caso alguma chamada nesse serviço for atendida, a percentagem do nível de serviço é significativa. Já nos outros serviços, em que há um maior número de chamadas, os incrementos já são mais constantes, e não tão sensíveis/instáveis.

Já o serviço 3, sendo também de prioridade máxima (4), consegue-se ver o aumento de nível de serviço em comparação com os restantes, especialmente os que têm mais chamadas, como o serviço 4 e 5. É possível também constatar que o serviço 3 atinge o objectivo (caso seja de 95%) com 27 agentes.

Graficamente se vê que os serviços que têm mais chamadas, (que são os mais significativos) apresentam uma forma de uma função de distribuição acumulada (t-student). No início do gráfico, ele aumenta muito pouco com os incrementos de agentes, chegando a uma certa altura, que um incremento de um agente faz com que o nível de serviço aumente exponencialmente, e depois, tende a estabilizar, qualquer que seja o número dos agentes.

Pode-se ver que o nível de 100 % geral é atingido por volta dos 30 agentes.

Sendo então 30 agentes um bom número de agentes para considerar neste caso, mas vamos analisar com mais detalhe a seguir:

Para poder comparar estes valores com os níveis de serviço reais, fomos ver, através do *Excel* (tabelas *pivot*) o nível de serviço aglomerado (ou seja, com todos os serviços juntos, em cada período) e o nível de serviço detalhado por linha (serviço).

**Legenda:** Períodos de 15 minutos

Período 0 → 11:45

Período 1 → 12:00

Período 2 → 12:15

Período 3 → 12:30

Período 4 → 12:45

**Para 26 agentes:** (vamos analisar a partir do caso em que temos 26 agentes, apesar de no real ter sido feito com 27 agentes, para perceber a evolução e margens de erro)

Count of Atendidas		Sum of SLA In		SLA (aglomerado) por período	
Período	Total	Período	Total		
0	70	0	63	Período 0	90%
1	75	1	34	Período 1	45%
2	57	2	22	Período 2	39%
3	63	3	20	Período 3	32%
4	37	4	37	Período 4	100%
<b>Grand Total</b>	<b>302</b>	<b>Grand Total</b>	<b>176</b>		

Tabela 10.4. SLA Aglomerado por período com 26 agentes: Todos os serviços juntos em cada período.



Os valores da Tabela 10.4, que representam o *SLA (aglomerado) por período* foram obtidos pela divisão das linhas do somatório (*Sum*) do *SLA In* com a contagem (*count*) das chamadas atendidas.

Count of Atendidas	Serviço (h)					
Período	1	2	3	4	5	Grand Total
0			17	17	36	70
1			12	25	38	75
2	5	1	13	19	19	57
3			18	21	24	63
4		2	8	13	14	37
Grand Total	5	3	68	95	131	302

Sum of SLA In	Serviço (h)					
Período	1	2	3	4	5	Grand Total
0			17	15	31	63
1			11	19	4	34
2	3	1	8	10	0	22
3			13	6	1	20
4		2	8	13	14	37
Grand Total	3	3	57	63	50	176

SLA por serviço					
Períodos	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5
0			100,00%	88,24%	86,11%
1			91,67%	76,00%	10,53%
2	60,00%	100,00%	61,54%	52,63%	0,00%
3			72,22%	28,57%	4,17%
4		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabela 10.5. Detalhe por serviço e período com 26 agentes, que nos permite comparar com a informação real.

Os valores da Tabela 10.5, que representam o *SLA por serviço*, foram obtidos pela divisão das posições do somatório (*Sum*) do *SLA In* com a contagem (*count*) das chamadas atendidas.

Comparando com a informação real representada na Tabela 10.1 podemos ver que pela Tabela 10.5 o detalhe por período não é coerente em todos os casos com o que nos mostra a realidade, ora isto deve-se ao facto de termos um caso em que temos serviços com poucas chamadas (neste exemplo o máximo foram 131 chamadas no serviço 5, e isso para uma simulação é pouco), ao dividi-las (chamadas) por períodos, trata-se de números pequenos o que acaba por não ser significativo para o resultado da simulação. Para isso vamos então recorrer ao *SLA Detalhado*, representado na Tabela 10.6 que nos dá a média desses períodos, acabando por compensar os intervalos/desníveis, assemelhando-se ao real.

SLA (detalhado) por serviço	
Serviço 1	60%
Serviço 2	100%
Serviço 3	83,82%
Serviço 4	66,32%
Serviço 5	38,17%

Tabela 10.6. SLA Detalhado com 26 agentes: Média de todos os períodos juntos em cada serviço. (É o que a simulação dá como resultados)

Para os dados da Tabela 10.6, é possível vermos que com 26 agentes, o serviço 2 já teria atingido o objectivo estipulado (95%) mas os restantes, nenhum deles teria atingido o objectivo.

**Para 27 agentes:** (Vamos analisar melhor este caso, já que no caso real foi precisamente com 27 agentes que obtivemos os dados reais)

Count of Atendidas		Sum of SLA In		SLA (aglomerado) por período	
Período	Total	Período	Total		
0	70	0	67	Período 0	96%
1	75	1	38	Período 1	51%
2	57	2	24	Período 2	42%
3	63	3	52	Período 3	83%
4	37	4	37	Período 4	100%
<b>Grand Total</b>	<b>302</b>	<b>Grand Total</b>	<b>218</b>		

Tabela 10.7. SLA Aglomerado por período com 27 agentes: Todos os serviços juntos em cada período.

De novo, os valores da Tabela 10.7, que representam o *SLA (aglomerado) por período* foram obtidos pela divisão das linhas do somatório (*Sum*) do *SLA In* com a contagem (*count*) das chamadas atendidas.

Count of Atendidas		Serviço (h)					
Período		1	2	3	4	5	Grand Total
0				17	17	36	70
1				12	25	38	75
2	5	1	13	19	19		57
3			18	21	24		63
4		2	8	13	14		37
<b>Grand Total</b>		<b>5</b>	<b>3</b>	<b>68</b>	<b>95</b>	<b>131</b>	<b>302</b>

Sum of SLA In		Serviço (h)					
Período		1	2	3	4	5	Grand Total
0				17	17	33	67
1				12	22	4	38
2	4	1	10	9	0		24
3			18	19	15		52
4		2	8	13	14		37
<b>Grand Total</b>		<b>4</b>	<b>3</b>	<b>65</b>	<b>80</b>	<b>66</b>	<b>218</b>

SLA por serviço					
Períodos	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5
0			100,00%	100,00%	91,67%
1			100,00%	88,00%	10,53%
2	80,00%	100,00%	76,92%	47,37%	0,00%
3			100,00%	90,48%	62,50%
4		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabela 10.8. Detalhe por serviço e período com 27 agentes, que nos permite comparar com a informação real.

Os valores da Tabela 10.8, que representam o *SLA por serviço*, foram obtidos pela divisão das posições do somatório (*Sum*) do *SLA In* com a contagem (*count*) das chamadas atendidas.



Comparando com a informação real representada na Tabela 10.1 podemos constatar que na Tabela 10.8, o detalhe por período não é coerente em todos os casos com o que nos mostra a realidade, ora isto deve-se ao facto de termos um caso em que temos serviços com poucas chamadas (neste exemplo o máximo foram 131 chamadas, e isso para uma simulação é pouco), ao dividi-las (chamadas) por períodos, trata-se de números pequenos o que acaba por não ser significativo para o resultado da simulação.

Para isso então vamos recorrer ao *SLA Detalhado* na Tabela 10.9 que nos dá a média desses períodos, acabando por compensar os intervalos/desníveis, assemelhando-se ao real.

SLA (detalhado) por serviço	
Serviço 1	80%
Serviço 2	100%
Serviço 3	95,59%
Serviço 4	84,21%
Serviço 5	50,38%

Tabela 10.9. SLA Detalhado com 27 agentes: Média de todos os períodos juntos em cada serviço. (É o que a simulação dá como resultados)

Para estes dados, é possível ver pelo quadro representado na Tabela 10.9, que com 27 agentes, o serviço 2 já teria atingido o objectivo estipulado (95%) assim como o serviço 3 (objectivo de 95%), mas os restantes, nenhuns deles teria ainda atingido o objectivo.

**E considerando só as médias ponderadas de cada serviço das 11h45 às 13h, pois foi nesta hora e 15 minutos que tivemos 27 agentes fixos e *reenqueue* “desligado”:**

Serviço 1 → 0,2  
 Serviço 2 → 1  
 Serviço 3 → 0,818665158  
 Serviço 4 → 0.83  
 Serviço 5 → 0,486374256

### Nota:

**Serviço 1 tem 5 chamadas**  
**Serviço 2 tem 3 chamadas**  
**Serviço 3 tem 68 chamadas**  
**Serviço 4 tem 95 chamadas**  
**Serviço 5 tem 131 chamadas**

O serviço 1 tem como média ponderada 20%, e em comparação ao que a simulação deu (80%) é obvia a diferença, mas como o serviço 1 só tem 5 chamadas, os incrementos de agentes, como explicado antes, tornam o nível de serviço mais sensível. O melhor seria ignorar o serviço 1 e 2, devia à escassez de chamadas, mas foram os dados possíveis de arranjar, o ideal seria pegar numa linha com muitas chamadas, só que tornar essa linha propícia às condições que a simulação me oferece (*reenqueue* desligado, e um número fixo de agentes num determinado período, iria ser difícil, prejudicando muito a empresa, daí que só tenha sido possível arranjar este exemplo). A média ponderada do serviço 2 é idêntica à da simulação, isto é, 100% e como se trata de um serviço com prioridade máxima e tem apenas 3 chamadas, chegar aos 100% é rápido. Já as médias do serviço 4 e 5, que são, respectivamente 83% e 48,64%, também estão bastante próximas à da simulação, que deram, respectivamente também, 84,21% e 50,38%.

**Nota:** Parece que nos serviços com mais chamadas, a simulação tende a estar mais próxima do real, sendo então uma boa ideia fazer um teste destes com um exemplo com um maior número de chamadas por serviço.

A média ponderada do serviço 3, que deu 81,86% está um pouco diferente à da simulação, que deu 95,59%.

Ora isto tudo podia ser trabalhado/gerido, com base nas prioridades, por exemplo, já que o serviço 2 fica estável a partir de 24 agentes, poderíamos baixar a prioridade do serviço 2 de 4 para 3 ficando com um objectivo de 90% e subindo a prioridade do serviço 5 (de 2 para 3) para “concorrer” com o serviço 1 e 4 (que também são prioridade 3) para aproveitar as folgas destes e aumentar então, o seu nível de serviço e minimizar os recursos necessários para atingir o objectivo.

**Achando assim, a distribuição óptima das prioridades para este caso real.**

**Para 28 agentes:**

Count of Atendidas		Sum of SLA In		SLA (aglomerado) por período	
Período	Total	Período	Total	Período 0	100%
0	70	0	70	Período 1	56%
1	75	1	42	Período 2	72%
2	57	2	41	Período 3	100%
3	63	3	63	Período 4	100%
4	37	4	37		
<b>Grand Total</b>	<b>302</b>	<b>Grand Total</b>	<b>253</b>		

Tabela 10.10. SLA Aglomerado por período com 28 agentes: Todos os serviços juntos em cada período.

Count of Atendidas	Serviço (h)					
Período	1	2	3	4	5	Grand Total
0			17	17	36	70
1			12	25	38	75
2	5	1	13	19	19	57
3			18	21	24	63
4		2	8	13	14	37
<b>Grand Total</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>68</b>	<b>95</b>	<b>131</b>	<b>302</b>

Sum of SLA In	Serviço (h)					
Período	1	2	3	4	5	Grand Total
0			17	17	36	70
1			12	24	6	42
2	4	1	13	14	9	41
3			18	21	24	63
4		2	8	13	14	37
<b>Grand Total</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>68</b>	<b>89</b>	<b>89</b>	<b>253</b>

SLA por serviço					
Períodos	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5
0			100,00%	100,00%	100,00%
1			100,00%	96,00%	15,79%
2	80,00%	100,00%	100,00%	73,68%	47,37%
3			100,00%	100,00%	100,00%
4		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabela 10.11. Detalhe por serviço e período com 28 agentes, que nos permite comparar com a informação real.

Comparando com a informação real representada na Tabela 10.1 e como explicado antes, vamos recorrer então ao *SLA Detalhado*, representado na Tabela 10.12, que nos dá a média desses períodos, acabando por compensar os intervalos/desníveis, assemelhando-se ao real.

	SLA (detalhado) por serviço
<b>Serviço 1</b>	80%
<b>Serviço 2</b>	100%
<b>Serviço 3</b>	100%
<b>Serviço 4</b>	93,68%
<b>Serviço 5</b>	67,94%

Tabela 10.12. SLA Detalhado com 28 agentes: Média de todos os períodos juntos em cada serviço. (É o que a simulação dá como resultados)

Como é óbvio, a inclusão de mais um agente neste grupo de atendimento, irá claro melhorar o resultado anterior, tendo assim, com 28 agentes, segundo a simulação, o serviço 2, 3 e 4 dentro dos objectivos (respectivamente 95%, 95% e 90%). O serviço 1 e 5 ainda não atingiram objectivo estipulado.

**Para 29 agentes:**

Count of Atendidas	Sum of SLA In	SLA (aglomerado) por período
Período	Período	
0	0	Período 0
1	1	Período 1
2	2	Período 2
3	3	Período 3
4	4	Período 4
<b>Grand Total</b>	<b>Grand Total</b>	

Tabela 10.13. SLA Aglomerado por período com 29 agentes: Todos os serviços juntos em cada período.

Count of Atendidas	Serviço (h)					
Periodo	1	2	3	4	5	Grand Total
0			17	17	36	70
1			12	25	38	75
2	5	1	13	19	19	57
3			18	21	24	63
4		2	8	13	14	37
Grand Total	5	3	68	95	131	302

Sum of SLA In	Serviço (h)					
Periodo	1	2	3	4	5	Grand Total
0			17	17	36	70
1			12	25	18	55
2	5	1	13	16	16	51
3			18	21	24	63
4		2	8	13	14	37
Grand Total	5	3	68	92	108	276

SLA por serviço					
Periodos	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5
0			100,00%	100,00%	100,00%
1			100,00%	100,00%	47,37%
2	100,00%	100,00%	100,00%	84,21%	84,21%
3			100,00%	100,00%	100,00%
4		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabela 10.14. Detalhe por serviço e período com 29 agentes, que nos permite comparar com a informação real.

Comparando com a informação real representada na Tabela 10.1 e como explicado antes, vamos recorrer então ao *SLA Detalhado*, representado na Tabela 10.15, que nos dá a média desses períodos, acabando por compensar os intervalos/desníveis, assemelhando-se ao real.

SLA (detalhado) por serviço	
Serviço 1	100%
Serviço 2	100%
Serviço 3	100%
Serviço 4	96,84%
Serviço 5	82,44%

Tabela 10.15. SLA Detalhado com 29 agentes: Média de todos os períodos juntos em cada serviço. (É o que a simulação dá como resultados)

Outra vez, a inclusão de mais um agente neste grupo de atendimento, irá claro melhorar o resultado anterior, mas agora, há excepção do serviço 5 (por apenas 3 %) todos os serviços têm o nível de serviço dentro dos objectivos estipulados. Para a empresa, ela estará interessada em não perder lucro, daí 29 agentes começar a ser a “melhor” opção, mas claro, talvez com mais um incremento de um agente, iremos ter de facto todos os níveis de serviço acima do objectivo estipulado.

### Para 30 agentes:

Count of Atendidas		Sum of SLA In		SLA (aglomerado) por período	
Período	Total	Período	Total	Período 0	100%
0	70	0	70	Período 1	91%
1	75	1	68	Período 2	95%
2	57	2	54	Período 3	100%
3	63	3	63	Período 4	100%
4	37	4	37		
<b>Grand Total</b>	<b>302</b>	<b>Grand Total</b>	<b>292</b>		

Tabela 10.16. SLA Aglomerado por período com 30 agentes: Todos os serviços juntos em cada período.

Count of Atendidas		Serviço (h)					Grand Total
Período		1	2	3	4	5	
0				17	17	36	70
1				12	25	38	75
2	5	1	13	19	19		57
3			18	21	24		63
4		2	8	13	14		37
<b>Grand Total</b>		<b>5</b>	<b>3</b>	<b>68</b>	<b>95</b>	<b>131</b>	<b>302</b>

Sum of SLA In		Serviço (h)					Grand Total
Período		1	2	3	4	5	
0				17	17	36	70
1				12	24	32	68
2	5	1	13	16	19		54
3			18	21	24		63
4		2	8	13	14		37
<b>Grand Total</b>		<b>5</b>	<b>3</b>	<b>68</b>	<b>91</b>	<b>125</b>	<b>292</b>

SLA por serviço					
Períodos	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5
0			100,00%	100,00%	100,00%
1			100,00%	96,00%	84,21%
2	100,00%	100,00%	100,00%	84,21%	100,00%
3			100,00%	100,00%	100,00%
4		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabela 10.17. Detalhe por serviço e período com 30 agentes, que nos permite comparar com a informação real.

Comparando com a informação real representada na Tabela 10.1 e como explicado antes, vamos recorrer então ao *SLA Detalhado*, representado na Tabela 10.18, que nos dá a média desses períodos, acabando por compensar os intervalos/desníveis, assemelhando-se ao real.

SLA (detalhado) por serviço	
Serviço 1	100%
Serviço 2	100%
Serviço 3	100%
Serviço 4	95,79%
Serviço 5	95,42%

Tabela 10.18. SLA Detalhado com 30 agentes: Média de todos os períodos juntos em cada serviço. (É o que a simulação dá como resultados)

Agora sim, é possível dizer que, com 30 agentes, teríamos, segundo a simulação, níveis de serviço, dentro do objectivo.

Para a empresa, ela estará interessada a não perder lucro, daí que 30 agentes sejam a melhor opção, segundo a simulação.

**Nota:** De notar que o serviço 4, desceu perto de 1%, ora, isto deve-se ao facto de estarmos a trabalhar com serviços, em que dois deles têm prioridade máxima (4), e outros 2 prioridade ligeiramente abaixo (3), que é o caso do serviço 4, e que o facto de se incrementar 1 agente, este agente pode ter que atender primeiro um serviço mais prioritário que o outro, daí que possa haver estas descidas mínimas. Nos casos anteriores, como só tínhamos 1 serviço com prioridade máxima e os restantes com prioridade por igual, sempre que um agente aumentava os níveis de serviço subiam em todos os serviços, agora poderá haver recaídas, pois esse incremento de agente, poderá ter que atender um dos vários serviços prioritários.

### Para 31 agentes:

Count of Atendidas	
Período	Total
0	70
1	75
2	57
3	63
4	37
<b>Grand Total</b>	<b>302</b>

Sum of SLA In	
Período	Total
0	70
1	72
2	57
3	63
4	37
<b>Grand Total</b>	<b>299</b>

SLA (aglomerado) por período	
Período 0	100%
Período 1	96%
Período 2	100%
Período 3	100%
Período 4	100%

Tabela 10.19. SLA Aglomerado por período com 31 agentes: Todos os serviços juntos em cada período.

Count of Atendidas		Serviço (h)				
Período		1	2	3	4	5
0				17	17	36
1				12	25	38
2	5	1	13	19	19	57
3			18	21	24	63
4		2	8	13	14	37
<b>Grand Total</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>68</b>	<b>95</b>	<b>131</b>	<b>302</b>

Sum of SLA In		Serviço (h)				
Período		1	2	3	4	5
0				17	17	36
1				12	24	36
2	5	1	13	19	19	57
3			18	21	24	63
4		2	8	13	14	37
<b>Grand Total</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>68</b>	<b>94</b>	<b>129</b>	<b>299</b>

SLA por serviço					
Períodos	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5
0			100,00%	100,00%	100,00%
1			100,00%	96,00%	94,74%
2	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
3			100,00%	100,00%	100,00%
4		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabela 10.20. Detalhe por serviço e período com 31 agentes, que nos permite comparar com a informação real.

Comparando com a informação real representada na Tabela 10.1 e como explicado antes, vamos recorrer então ao *SLA Detalhado*, representado na Tabela 10.21, que nos dá a média desses períodos, acabando por compensar os intervalos/desníveis, assemelhando-se ao real.

SLA (detalhado) por serviço	
Serviço 1	100%
Serviço 2	100%
Serviço 3	100%
Serviço 4	98,95%
Serviço 5	98,47%

Tabela 10.21. SLA Detalhado com 31 agentes: Média de todos os períodos juntos em cada serviço. (É o que a simulação dá como resultados)

Claramente continuamos a ter resultados cada vez melhores, atingindo aqui um nível de serviço perto de 100% em todos os serviços, mas como a conclusão anterior, a melhor opção *para a empresa* será ainda os 30 agentes.

### Para 32 agentes:

Count of Atendidas		Sum of SLA In		SLA (aglomerado) por período	
Período	Total	Período	Total	Período 0	Total
0	70	0	70	Período 0	100%
1	75	1	75	Período 1	100%
2	57	2	57	Período 2	100%
3	63	3	63	Período 3	100%
4	37	4	37	Período 4	100%
<b>Grand Total</b>	<b>302</b>	<b>Grand Total</b>	<b>302</b>		

Tabela 10.22. SLA Aglomerado por período com 32 agentes: Todos os serviços juntos em cada período.

Count of Atendidas		Serviço (h)					Grand Total
Período		1	2	3	4	5	
0				17	17	36	70
1				12	25	38	75
2	5		1	13	19	19	57
3				18	21	24	63
4			2	8	13	14	37
<b>Grand Total</b>		<b>5</b>	<b>3</b>	<b>68</b>	<b>95</b>	<b>131</b>	<b>302</b>

Sum of SLA In		Serviço (h)					Grand Total
Período		1	2	3	4	5	
0				17	17	36	70
1				12	25	38	75
2	5		1	13	19	19	57
3				18	21	24	63
4			2	8	13	14	37
<b>Grand Total</b>		<b>5</b>	<b>3</b>	<b>68</b>	<b>95</b>	<b>131</b>	<b>302</b>

SLA por serviço					
Periodos	Serviço 1	Serviço 2	Serviço 3	Serviço 4	Serviço 5
0			100,00%	100,00%	100,00%
1			100,00%	100,00%	100,00%
2	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
3			100,00%	100,00%	100,00%
4		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabela 10.23. Detalhe por serviço e período com 32 agentes, que nos permite comparar com a informação real.

Comparando com a informação real representada na Tabela 10.1 e como explicado antes, vamos recorrer então ao *SLA Detalhado*, representado na Tabela 10.24, que nos dá a média desses períodos, acabando por compensar os intervalos/desníveis, assemelhando-se ao real.

	SLA (detalhado) por serviço
<b>Serviço 1</b>	100%
<b>Serviço 2</b>	100%
<b>Serviço 3</b>	100%
<b>Serviço 4</b>	100%
<b>Serviço 5</b>	100%

Tabela 10.24. SLA Detalhado com 32 agentes: Média de todos os períodos juntos em cada serviço. (É o que a simulação dá como resultados)

Como era de prever, com 32 agentes, a simulação deu um nível de serviço de 100% em todos os serviços.

## 10.2 Estudo de dados reais atribuindo diferentes prioridades e comparando com original

Como, com base na simulação, foi possível verificar parecenças com o real, aproveitou-se este facto e, através da simulação, gerou-se chamadas com diferentes prioridades para comparar com o estipulado pela empresa. Teoricamente, os resultados que a simulação gerar, serão próximos da realidade, podendo então a simulação ser útil nesse aspecto, para ajudar a empresa não só na comparação com dados reais, mas também a gerar novos dados próximos do real.

Assim, utilizando de novo dados reais num período de 1 hora e 15 minutos (das 11h45 às 13h), aplicou-se a simulação a 5 serviços para **um grupo de 27 agentes**, não havendo, neste período, qualquer *reenqueue* de chamadas, podendo assim comparar com a situação que a simulação neste ponto me oferece.

Os serviços têm diferentes objectivos aos quais são atribuídas diferentes prioridades para alcançar os diferentes níveis de serviço desejáveis.

Definimos prioridades nos serviços, para que as chamadas destes sejam diferenciadas e encadeadas de maneiras diferentes. **Porque a ideia é ver se esta atribuição de prioridades é a óptima, ou se, gerindo-a, conseguimos minimizar os recursos (agentes).**

Vi pelo teste anterior, que o serviço 5 só atinge o seu objectivo com um número de agentes mais elevado, quando comparado com os restantes serviços. Ora isto tudo pode ser trabalhado/gerido, com base nas prioridades, por exemplo, já que o serviço 2 fica estável a partir de 24 agentes, poderíamos baixar a prioridade do serviço 2 de 4 para 3 ficando com um objectivo de 90% e subindo a prioridade do serviço 5 (de 2 para 3) para “concorrer” com o serviço 1 e 4 (que também são prioridade 3) para aproveitar as folgas destes e aumentar então, o seu nível de serviço e minimizar os recursos necessários para atingir o objectivo.

Vamos então simular um caso em que as **prioridades** foram estipuladas da seguinte maneira:

**Serviço 1 tem prioridade 3 – objectivo (target) de 90%**  
**Serviço 2 tem prioridade 3 – objectivo (target) de 90%**  
**Serviço 3 tem prioridade 4 – objectivo (target) de 95%**  
**Serviço 4 tem prioridade 3 – objectivo (target) de 90%**  
**Serviço 5 tem prioridade 3 – objectivo (target) de 90%**

### **Nota:**

**Serviço 1 tem 5 chamadas**  
**Serviço 2 tem 3 chamadas**  
**Serviço 3 tem 68 chamadas**  
**Serviço 4 tem 95 chamadas**  
**Serviço 5 tem 131 chamadas**



**Simulação: O serviço 3 agora, é o único que tem a maior prioridade, tendo os restantes prioridade por igual.**

Agentes Equipa 1	Tempo médio entre chegadas (em seg)	nº chamadas em 1 minuto (60 seg)	Taxa média de chamadas ( $\lambda$ ) por seg	Média duração	Service Level para clientes com chamadas no serviço 1	Service Level para clientes com chamadas no serviço 2	Service Level para clientes com chamadas no serviço 3	Service Level para clientes com chamadas no serviço 4	Service Level para clientes com chamadas no serviço 5
1	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,76%
2	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,53%
3	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	0,00%	1,05%	1,53%
4	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	1,47%	1,05%	1,53%
5	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	1,47%	1,05%	2,29%
6	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	1,47%	2,11%	2,29%
7	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	11,76%	2,11%	3,05%
8	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	30,88%	3,16%	3,05%
9	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	32,35%	3,16%	3,82%
10	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	35,29%	3,16%	4,58%
11	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	44,12%	3,16%	4,58%
12	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	39,71%	3,16%	4,58%
13	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	55,88%	4,21%	5,34%
14	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	63,24%	6,32%	6,87%
15	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	63,24%	6,32%	8,40%
16	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	61,76%	7,37%	8,40%
17	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	69,12%	7,37%	9,16%
18	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	79,41%	8,42%	9,16%
19	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	76,47%	8,42%	9,92%
20	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	86,76%	8,42%	10,69%
21	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	73,53%	9,47%	12,21%
22	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	80,88%	10,53%	12,98%
23	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	85,29%	10,53%	14,50%
24	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	86,76%	12,63%	16,79%
25	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	33,33%	92,65%	27,37%	27,48%
26	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	66,67%	85,29%	32,63%	38,93%
27	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	66,67%	98,53%	54,74%	52,67%
28	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	40,00%	100,00%	100,00%	73,68%	70,99%
29	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	100,00%	100,00%	100,00%	88,42%	83,97%
30	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	100,00%	100,00%	100,00%	91,58%	96,95%
31	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	100,00%	100,00%	100,00%	98,95%	99,24%
32	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabela 10.25. Output gerado pela simulação, que nos dá os níveis de serviço

## E respectivos tempos de espera

Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 1	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 2	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 3	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 4	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 5
70685,20001	91787,00001	12935,85294	69124,88422	64754,37405
34206,4	44058,66667	5647,029413	33369,70527	31212,68703
22032,8	28213,33334	3112,647059	21348,8	20098,27481
15940,2	20224,33334	1752,117647	15428,63158	14542
12258	15498	1001,544118	11889,31579	11174,07634
9854,800001	12298,33334	480,0294121	9487,189475	8965,816795
8125,4	10050	162,661765	7793,263159	7355,793894
6872,6	8357	106,2205885	6431,442106	6075,9771
5880,200001	7031,000002	61,04411795	5392,294738	5049,122138
5064,800001	5985,666667	53,88235333	4566,442106	4247,984733
4400,800001	5099,333335	49,11764735	3884,894738	3588,351146
3856,2	4389,666667	41,20588272	3309,684211	3047,198474
3399,800001	3774,666668	30,63235323	2837,378948	2583,351145
2982,8	3255,333334	24,8823532	2417,51579	2194,526718
2641,4	2796,333333	33,83823561	2071,957895	1860,167939
2240,4	2396,333334	26,60294153	1766,442106	1589,015267
1872	2065,666667	23,80882372	1504,631579	1349,396947
1594,4	1750,000001	18,91176483	1265,6	1137,610687
1263,8	1451	17,33823558	1054,863158	952,3816796
1002	1174,333334	14,44117673	859,4421054	781,3893131
826,2000003	957,6666668	19,85294151	688,8736843	626,9694657
682,8000003	712,0000012	15,07352962	532,5263158	487,1297712
576	487,6666668	12,6176472	392,9157896	360,687023
480,4000005	294,3333336	12,6617648	270,6210529	249,4122138
373,2000002	117,0000001	10,69117656	166,9368422	154,4580154
257,5999999	39,9999995	10,35294127	97,69473689	86,97709927
151,8000001	17,33333341	4,720588263	47,12631581	45,70229007
47,59999991	3,333333382	3,220588213	20,28421055	21,19083974
0	0	0,514705859	9,210526339	11,24427481
0	0	0,514705882	4,389473693	3,564885508
0	0	0,294117651	1,452631594	1,175572527
0	0	0,073529412	0,294736841	0,183206109

Tabela 10.26. Output gerado pela simulação, que nos dá os respectivos tempos de espera de cada serviço

**Respectivo gráfico da evolução do Service Level até 32 agentes:**

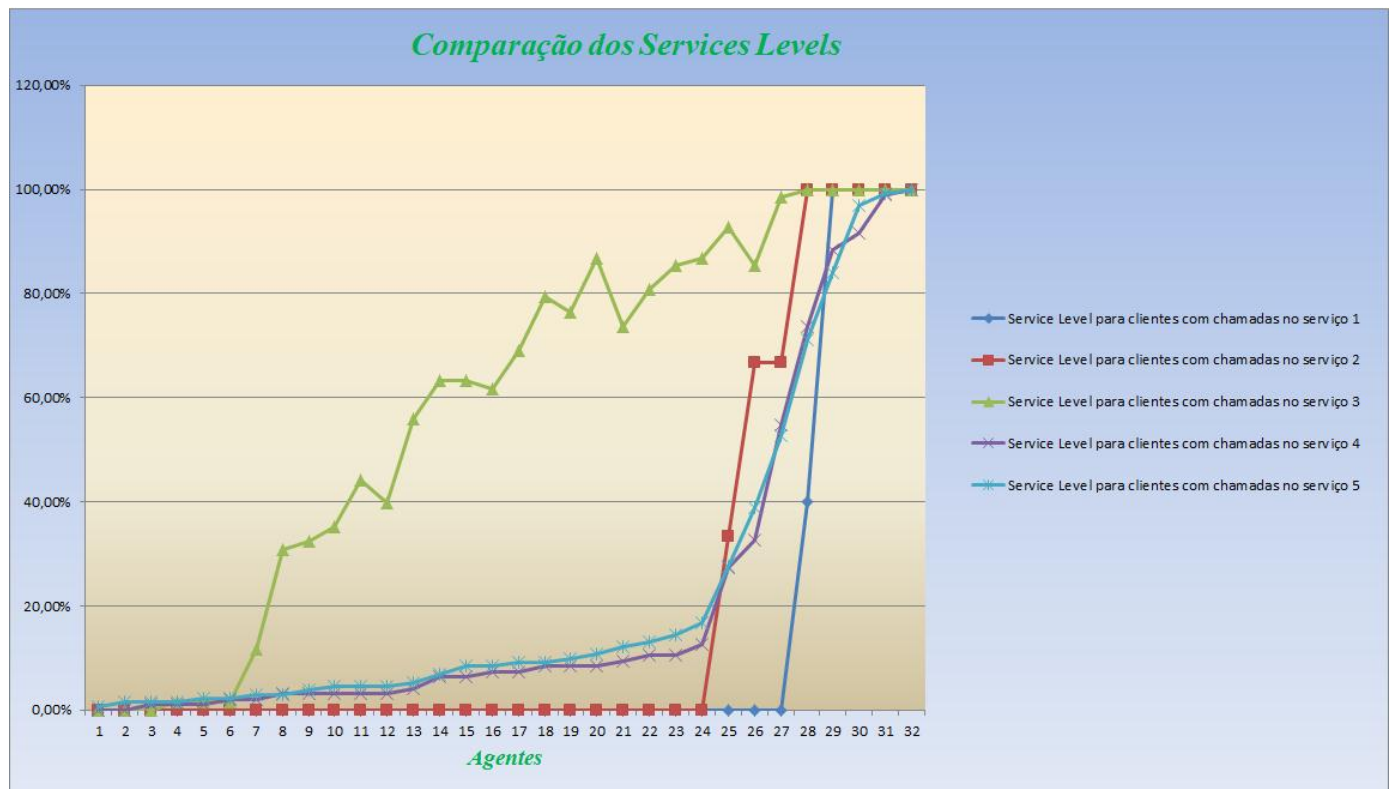


Figura 10.2. Gráfico da evolução dos níveis de serviço gerados pela simulação, até 32 agentes

Com o auxílio da Figura 10.2 é possível observar de imediato que os serviços 1 e 2, encontram-se agora mais “estáveis” do que no caso anterior, mantendo o mesmo nível de serviço até aos 28 e 25 agentes, respectivamente, aumentando de seguida exponencialmente.

Os serviços 4 e 5, que são os que têm mais chamadas, estão agora bem próximos um do outro (tendo também a mesma prioridade). Mais uma vez se vê graficamente que os serviços que têm mais chamadas, (que são os mais significativos) apresentam uma forma de uma função de distribuição acumulada (*t-student*). No início do gráfico, ele aumenta muito pouco com os incrementos de agentes, em que numa certa altura, um incremento de um agente faz com que o nível de serviço aumente exponencialmente, e depois, tende a estabilizar, qualquer que seja o número dos agentes.

Já no serviço 3, sendo agora o serviço de prioridade máxima (4), consegue-se ver o aumento de nível de serviço em comparação com os restantes, especialmente os que têm mais chamadas, como o serviço 4 e 5. É possível também constatar que o serviço 3 atinge o objectivo (caso seja de 95%) com 27 agentes.

Pode-se ver que o nível de 100 % geral é atingido por volta dos 30 agentes, o mesmo no caso anterior (“original”).

Sendo então 30 agentes um bom número de agentes para considerar neste caso.

Ora, comparando com a simulação do exemplo anterior (secção 10.1):

Onde,

Serviço 1 tem prioridade 3 – objectivo (target) de 90%

Serviço 2 tem prioridade 4 – objectivo (target) de 95%

Serviço 3 tem prioridade 4 – objectivo (target) de 95%

Serviço 4 tem prioridade 3 – objectivo (target) de 90%

Serviço 5 tem prioridade 2 – objectivo (target) de 85%

E a Tabela 10.2 para relembrar, era a seguinte:

Agentes Equipa 1	Tempo médio entre chegadas (em seg)	nº chamadas em 1 minuto (60 seg)	Taxa média de chamadas (λ) por seg	Média duração	Service Level para clientes com chamadas no serviço 1	Service Level para clientes com chamadas no serviço 2	Service Level para clientes com chamadas no serviço 3	Service Level para clientes com chamadas no serviço 4	Service Level para clientes com chamadas no serviço 5
1	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,76%
2	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,53%
3	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	0,00%	1,05%	1,53%
4	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	1,47%	1,05%	1,53%
5	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	1,47%	1,05%	2,29%
6	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	1,47%	2,11%	2,29%
7	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	7,35%	2,11%	3,05%
8	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	17,65%	3,16%	3,05%
9	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	36,76%	3,16%	3,82%
10	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	66,67%	44,12%	3,16%	4,58%
11	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	33,33%	42,65%	3,16%	4,58%
12	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	33,33%	52,94%	6,32%	4,58%
13	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	100,00%	55,88%	6,32%	5,34%
14	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	33,33%	51,47%	7,37%	6,11%
15	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	33,33%	73,53%	14,74%	7,63%
16	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	100,00%	76,47%	30,53%	8,40%
17	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	100,00%	79,41%	37,89%	9,16%
18	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	66,67%	82,35%	37,89%	9,16%
19	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	100,00%	82,35%	40,00%	9,92%
20	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	66,67%	77,94%	48,42%	9,92%
21	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	66,67%	72,06%	50,53%	12,21%
22	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	66,67%	82,35%	56,84%	12,98%
23	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	40,00%	66,67%	88,24%	62,11%	13,74%
24	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	60,00%	100,00%	91,18%	60,00%	16,79%
25	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	40,00%	100,00%	91,18%	57,89%	27,48%
26	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	60,00%	100,00%	83,82%	66,32%	38,17%
27	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	80,00%	100,00%	95,59%	84,21%	50,38%
28	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	80,00%	100,00%	100,00%	93,68%	67,94%
29	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	100,00%	100,00%	100,00%	96,84%	82,44%
30	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	100,00%	100,00%	100,00%	95,79%	95,42%
31	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	100,00%	100,00%	100,00%	98,95%	98,47%
32	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabela 10.2. Output gerado pela simulação, que nos dá os níveis de serviço

À primeira vista é possível notar que colocando o serviço 1 e 2 com prioridades iguais (neste caso, 3) e como têm poucas chamadas (respectivamente, 5 e 3), só a partir de, respectivamente, 28 e 25 agentes é que começam a ter níveis de serviço maiores que 0%, já no exemplo da secção 10.1 – Tabela 10.2, é difícil de perceber quando é que, por exemplo, o serviço 2, atinge o objectivo de nível de serviço, muito incoerente, devido ao pouco volume de chamadas.

É possível verificar também que agora, como o serviço 3 é o que tem a maior prioridade e os restantes prioridade por igual, este mantém uma evolução parecida **com o caso anterior** (secção 10.1 – Tabela 10.2), atingindo também com 27 agentes, o objectivo do nível de serviço (95%).

Mas como agora os restantes serviços têm prioridades iguais, o serviço 4 demora mais tempo a chegar ao objectivo estipulado, pois o serviço 2 baixou de prioridade 4 para 3 e o serviço 5 aumentou de prioridade 2 para 3, fazendo com que os agentes atendam de igual modo todos esses serviços, respeitando o encadeamento das chamadas. Assim o serviço 4, neste caso, atinge o objectivo estipulado (90%) com 30 agentes ao invés de 28 agentes visto no caso anterior (secção 10.1 – Tabela 10.2)

Já o serviço 5 atinge o objectivo em ambos os casos (embora no caso anterior seja a 85% e agora seja a 90%) com 30 agentes.

## 10.3 Outro exemplo atribuindo diferentes prioridades e comparando com original

Outro exemplo, utilizando de novo dados reais num período de 1 hora e 15 minutos (das 11h45 às 13h), vamos aplicar a simulação a 5 serviços para **um grupo de 27 agentes**, não havendo, neste período, qualquer *reenqueue* de chamadas, podendo assim comparar com a situação que a simulação neste ponto me oferece.

Experimentámos agora colocar a maior prioridade (4) nos serviços com maior número de chamadas.

Vamos então simular um caso em que as **prioridades** são estipuladas da seguinte maneira:

**Serviço 1 tem prioridade 3 – objectivo (target) de 90%**  
**Serviço 2 tem prioridade 3 – objectivo (target) de 90%**  
**Serviço 3 tem prioridade 3 – objectivo (target) de 90%**  
**Serviço 4 tem prioridade 4 – objectivo (target) de 95%**  
**Serviço 5 tem prioridade 4 – objectivo (target) de 95%**

### Nota:

**Serviço 1 tem 5 chamadas**  
**Serviço 2 tem 3 chamadas**  
**Serviço 3 tem 68 chamadas**  
**Serviço 4 tem 95 chamadas**  
**Serviço 5 tem 131 chamadas**

**Simulação:** O serviço 4 e 5 são os únicos com prioridade 4, tendo os restantes prioridade por igual (3).

Agentes Equipa 1	Tempo médio entre chegadas (em seg)	nº chamadas em 1 minuto (60 seg)	Taxa média de chamadas (λ) por seg	Média duração	Service Level para clientes com chamadas no serviço 1	Service Level para clientes com chamadas no serviço 2	Service Level para clientes com chamadas no serviço 3	Service Level para clientes com chamadas no serviço 4	Service Level para clientes com chamadas no serviço 5
1	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,76%
2	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,53%
3	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	0,00%	1,05%	1,53%
4	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	1,47%	1,05%	1,53%
5	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	1,47%	1,05%	2,29%
6	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	1,47%	2,11%	2,29%
7	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	1,47%	2,11%	3,05%
8	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	1,47%	3,16%	3,05%
9	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	1,47%	3,16%	3,82%
10	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	1,47%	3,16%	4,58%
11	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	4,41%	3,16%	4,58%
12	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	5,88%	3,16%	4,58%
13	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	5,88%	4,21%	5,34%
14	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	5,88%	7,37%	7,63%
15	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	5,88%	7,37%	9,16%
16	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	7,35%	7,37%	9,16%
17	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	7,35%	8,42%	9,16%
18	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	7,35%	16,84%	18,32%
19	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	8,82%	18,95%	19,08%
20	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	10,29%	29,47%	26,72%
21	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	10,29%	35,79%	32,06%
22	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	11,76%	43,16%	42,75%
23	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	11,76%	45,26%	39,69%
24	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	14,71%	48,42%	42,75%
25	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	25,00%	49,47%	49,62%
26	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	66,67%	38,24%	66,32%	70,99%
27	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	66,67%	61,76%	69,47%	70,23%
28	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	80,00%	100,00%	79,41%	85,26%	87,79%
29	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	80,00%	100,00%	91,18%	92,63%	93,13%
30	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	100,00%	100,00%	94,12%	93,68%	98,47%
31	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	100,00%	100,00%	100,00%	98,95%	100,00%
32	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabela 10.27. Output gerado pela simulação, que nos dá os níveis de serviço



E os respectivos tempos de espera:

Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 1	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 2	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 3	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 4	Tempo médio de espera das "c" iterações de clientes com chamadas no serviço 5
89954,6	98459,33334	89494,25	38056,7579	34155,45802
43849,8	47352,66667	43554,64706	17832,91579	16026,48092
28453,6	30299	28251,80882	11105,10526	9978,16794
20777,8	21757,66667	20335,32353	7826,021053	7026,587787
16153	16679	15808,95588	5804,621053	5204,496184
13110,6	13275	12794,13235	4463,905264	3994,374046
10902	10870	10639,76471	3498,926316	3136,251909
9245	9040,66667	9035,294118	2777,263158	2490,717558
7963,2	7653,333335	7783,470589	2220,810526	1985,839695
6963,000001	6568,666667	6672,558824	1855,452632	1659,961832
6143,6	5644,333335	5775,985294	1552,042106	1398,541985
5429,399999	4885,666668	5025,794118	1300,842105	1173,038168
4838,8	4247,666666	4470,25	1031,684211	932,7938933
4339,8	3670,666667	4000,147059	797,7789475	728,8244277
3914,200001	3227,333333	3596,75	603,9578949	555,4274811
3548,200001	2769,333333	3183,588235	475,326316	440,3816796
3237,200001	2412	2879,205882	326,526316	304,3664123
2943,400001	2112,333333	2590,382353	204,2842106	195,5343513
2682,4	1852,333333	2248,544118	124,9894738	127,0305345
2427,4	1577,666669	1908,058824	79,94736847	86,12213748
2103,8	1340,666666	1497,308824	63,57894751	68,81679395
1742,400001	1095,000001	1150,014706	57,35789488	60,53435127
1368,2	831,6666664	801,3088237	59,57894747	63,51908417
1026,8	596,666667	565,147059	41,67368429	46,85496198
678,8000001	311,333334	342,4558824	35,52631589	33,96946575
358,5999998	55,99999979	195,4852941	22,97894755	21,78625964
134,3999997	38,33333327	80,94117648	17,88421061	18,38167942
61,0000003	5,999999989	32,0882353	11,54736845	9,229007643
28,80000001	0	10,70588237	5,431578965	5,519083964
0	0	3,397058817	3,431578968	2,641221378
0	0	1,088235304	1,115789488	0,946564889
0	0	0,250000004	0,168421049	0,183206109

Tabela 10.28. Output gerado pela simulação, que nos dá os respectivos tempos de espera de cada serviço

*Respectivo gráfico da evolução do Service Level até 32 agentes:*

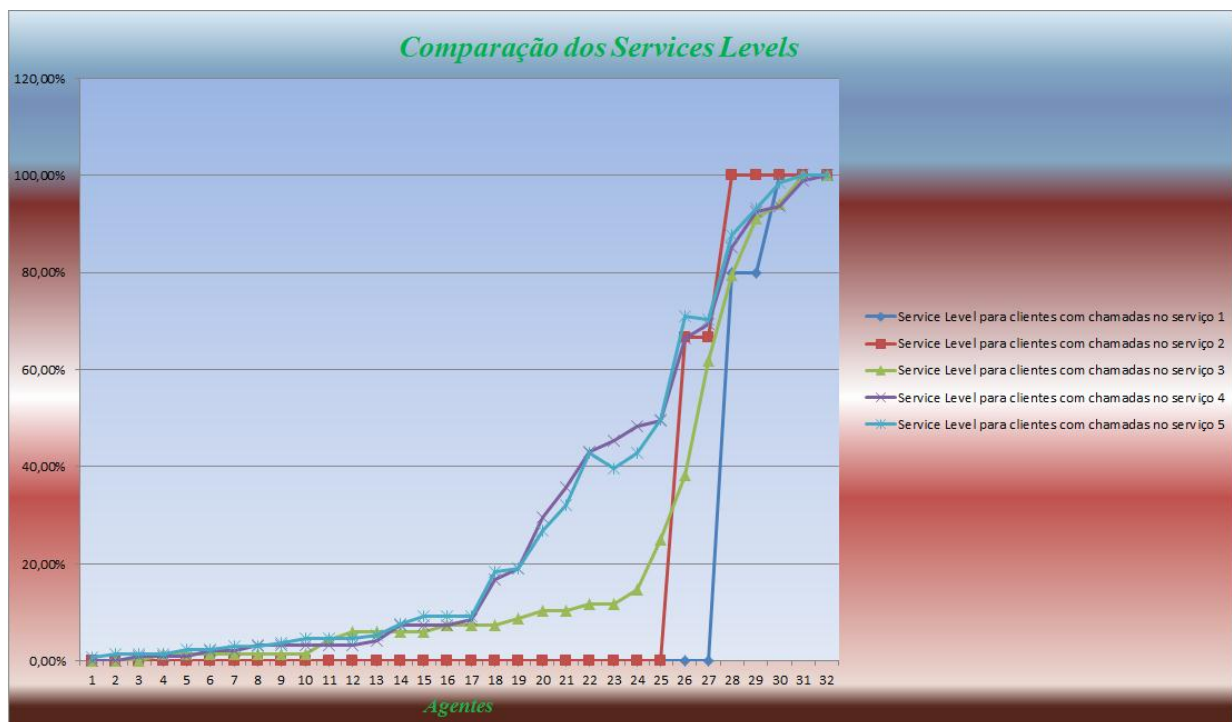


Figura 10.3. Gráfico da evolução dos níveis de serviço gerados pela simulação, até 32 agentes

Com o auxílio da Figura 10.3 é possível observar que os serviços 1 e 2, encontram-se novamente mais “estáveis”, mantendo o mesmo nível de serviço até aos 28 e 26 agentes, respectivamente, aumentando de seguida exponencialmente.

Os serviços 4 e 5, que são os que têm mais chamadas, e agora os que têm maior prioridade, estão bem próximos um do outro. Mais uma vez se vê graficamente, pela Figura 10.3, que os serviços que têm mais chamadas, (que são os mais significativos) apresentam uma forma de uma função de distribuição acumulada (t-student). No início do gráfico, ele aumenta muito pouco com os incrementos de agentes, em que numa certa altura, um incremento de um agente faz com que o nível de serviço aumente exponencialmente, e depois, tende a estabilizar, qualquer que seja o número dos agentes.

Já no serviço 3, sendo agora de prioridade 3, como o serviço 1 e 2, apresenta um nível de serviço mais baixo que o 4 e 5 (como seria de esperar). É possível também constatar que o serviço 3 atinge o objectivo (caso seja de 90%) com 29 agentes.

Pode-se ver que o nível de 100 % geral é atingido por volta dos 31 agentes. De notar que é preciso mais 1 agente que no caso estudado na secção 10.1.

Sendo então 31 agentes um bom número de agentes para considerar neste caso.

**Ora, comparando com a simulação do exemplo anterior:**

**Onde,**

**Serviço 1 tem prioridade 3 – objectivo (target) de 90%**

**Serviço 2 tem prioridade 4 – objectivo (target) de 95%**

**Serviço 3 tem prioridade 4 – objectivo (target) de 95%**

**Serviço 4 tem prioridade 3 – objectivo (target) de 90%**

**Serviço 5 tem prioridade 2 – objectivo (target) de 85%**

**E a Tabela 10.2 para relembrar, era a seguinte:**

Agentes Equipa 1	Tempo médio entre chegadas (em seg)	nº chamadas em 1 minuto (60 seg)	Taxa média de chamadas (λ) por seg	Média duração	Service Level para clientes com chamadas no serviço 1	Service Level para clientes com chamadas no serviço 2	Service Level para clientes com chamadas no serviço 3	Service Level para clientes com chamadas no serviço 4	Service Level para clientes com chamadas no serviço 5
1	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,76%
2	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,53%
3	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	0,00%	1,05%	1,53%
4	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	1,47%	1,05%	1,53%
5	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	1,47%	1,05%	2,29%
6	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	1,47%	2,11%	2,29%
7	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	7,35%	2,11%	3,05%
8	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	17,65%	3,16%	3,05%
9	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	0,00%	36,76%	3,16%	3,82%
10	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	66,67%	44,12%	3,16%	4,58%
11	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	33,33%	42,65%	3,16%	4,58%
12	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	33,33%	52,94%	6,32%	4,58%
13	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	100,00%	55,88%	6,32%	5,34%
14	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	33,33%	51,47%	7,37%	6,11%
15	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	33,33%	73,53%	14,74%	7,63%
16	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	100,00%	76,47%	30,53%	8,40%
17	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	100,00%	79,41%	37,89%	9,16%
18	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	66,67%	82,35%	37,89%	9,16%
19	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	100,00%	82,35%	40,00%	9,92%
20	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	66,67%	77,94%	48,42%	9,92%
21	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	66,67%	72,06%	50,53%	12,21%
22	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	0,00%	66,67%	82,35%	56,84%	12,98%
23	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	40,00%	66,67%	88,24%	62,11%	13,74%
24	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	60,00%	100,00%	91,18%	60,00%	16,79%
25	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	40,00%	100,00%	91,18%	57,89%	27,48%
26	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	60,00%	100,00%	83,82%	66,32%	38,17%
27	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	80,00%	100,00%	95,59%	84,21%	50,38%
28	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	80,00%	100,00%	100,00%	93,68%	67,94%
29	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	100,00%	100,00%	100,00%	96,84%	82,44%
30	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	100,00%	100,00%	100,00%	95,79%	95,42%
31	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	100,00%	100,00%	100,00%	98,95%	98,47%
32	154,9072848	0,38732846	0,006455474	358,7284768	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabela 10.2. Output gerado pela simulação, que nos dá os níveis de serviço

À primeira vista é possível notar que colocando o serviço 1 e 2 com prioridades iguais (neste caso, 3) e como têm poucas chamadas (respectivamente, 5 e 3), só a partir de, respectivamente, 28 e 26 agentes é que começam a ter níveis de serviço maiores que 0%. Já no exemplo da secção 10.1, é difícil de perceber quando é que, por exemplo, o serviço 2, atinge o objectivo de nível de serviço, muito incoerente, devido ao pouco volume de chamadas.

É possível verificar também que agora, como o serviço 3 sendo de prioridade 3, (assim como o serviço 1 e 2), mantém uma evolução mais lenta que o caso da secção 10.1, atingindo somente com 29 agentes, o objectivo do nível de serviço (90%), face aos 27 agentes necessários no primeiro exemplo.

Mas agora o serviço 4 tendo prioridade máxima (4), atinge o objectivo estipulado (95%) com 29 agentes ao invés de 28 agentes visto no exemplo da secção 10.1.

Já o serviço 5, também com a mesma prioridade máxima, atinge o objectivo em ambos os casos (embora no primeiro caso, seja a 85% e agora seja a 95%) com 30 agentes.

**Pode-se então concluir que esta primeira abordagem com as prioridades:**

**Serviço 1 tem prioridade 3 – objectivo (target) de 90%**

**Serviço 2 tem prioridade 4 – objectivo (target) de 95%**

**Serviço 3 tem prioridade 4 – objectivo (target) de 95%**

**Serviço 4 tem prioridade 3 – objectivo (target) de 90%**

**Serviço 5 tem prioridade 2 – objectivo (target) de 85%**

É a que apresenta, a nível geral, uma necessidade de colocar menos agentes em trabalho, logo a melhor opção para a empresa.

As duas variações de prioridades que explorei, no que toca aos serviços mais significativos (que são os que têm mais chamadas, ou seja, serviços 3, 4 e 5) não apresentam ganhos face ao proposto inicialmente pela empresa.

Como foi visto, enquanto analisava o caso da secção 10.1, das 11h45 até às 13h, parece que nos serviços com mais chamadas, a simulação tende a estar mais próxima do real, talvez fosse uma boa ideia fazer um teste destes com um exemplo com um maior número de chamadas por serviço.

## Considerações Finais

A realização deste trabalho permitiu afirmar, com base em cálculos e simulações, que em termos de simplicidade e acurácia, o modelo *Erlang C* ou uma adaptação do mesmo poderá ser aplicável a simulações de *Call Centers*, nem que seja numa primeira abordagem, como guia. No entanto, como estudado no capítulo 5, secção 5.7, este modelo é conservador nos resultados e apresenta limitações, por exemplo, este modelo ignora a taxa de abandono dos clientes, considera a chegada de chamadas por um único grupo de serviços e define para todos os agentes, o mesmo tempo de serviço, quando na prática não é isto que acontece.

Assim, recorreremos à simulação, que nos permitiu obter resultados que comprovam os valores gerados pelo *Erlang C* (capítulo 8), assim como a inserção de características que o modelo base do *Erlang* não permite, como por exemplo, prioridades. Nos capítulos 9 e 10, com base na simulação, foi possível verificar parecenças com os dados reais facultados pela empresa, podendo então aproveitar este facto e começar, através da simulação, a gerar chamadas com diferentes prioridades e comparar com o estipulado pela empresa, porque teoricamente, os resultados que a simulação gerar estarão próximos da realidade, podendo então a simulação ser útil nesse aspecto, para ajudar a empresa não só na comparação com dados reais, mas também a gerar novos dados próximos do real.

A ideia de todo este processo é justamente para que a empresa que aplique este tipo de conhecimento aqui explorado, tenha um maior aproveitamento dos seus recursos. O próximo passo seria introduzir o conceito de *reenqueue* que não foi estudado, e usar simulação com um volume de chamadas mais elevado do que aqueles que foram explorados neste trabalho, porque chegou-se à conclusão que o volume de chamadas e o nível de serviço podem ser variáveis proporcionais.



## Bibliografia

- [1] Brockmeyer, E., Halstrøm, H.L. & Jensen, Arne. "The Life and Works of A.K. Erlang", (Collected works of A. K. Erlang)
- [2] Ger Koole. Call Center Mathematics. A scientific method for understanding and improving contact centers. <http://www.math.vu.nl/~koole/ccmath/book.pdf>
- [3] <http://www.easyerlang.com/Call-Center%201.html>
- [4] <http://www.ktl.elf.stuba.sk/~chromy/zoznam/42.pdf>
- [5] <http://easyerlang.com/Call-Center-Resources.html>
- [6] <http://www.mitan.co.uk/erlang/elgcprob.htm>
- [7] <http://www.informs-sim.org/wsc10papers/264.pdf>
- [8] [http://www.compphys.uni-oldenburg.de/en/download/Alexander/publications/simulation\\_guide.pdf](http://www.compphys.uni-oldenburg.de/en/download/Alexander/publications/simulation_guide.pdf)
- [9] <http://www4.ncsu.edu/~hp/simulation.pdf>
- [10] Henrique Loureiro. Acess 2007: Macros e VBA, *FCA*